



# 中华人民共和国国家标准

GB/T27664.2—XXXX/ISO 22232-2:2020

代替 GB/T 27664.2—2011

## 无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验 第2部分：探头

Non-destructive testing instruments—Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part 2: Probes

(ISO 22232-2:2020, Non-destructive testing-Characterization and verification of ultrasonic test equipment-Part 2: Probes, IDT)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	3
5 符合性的一般要求 .....	4
6 探头技术信息 .....	5
6.1 通则 .....	5
6.2 探头数据表 .....	5
6.3 探头测试报告 .....	5
7 测试设备 .....	6
7.1 电子设备 .....	7
7.2 试块和其它设备 .....	7
8 探头性能测试 .....	12
8.1 物理外观 .....	12
8.2 脉冲波型、幅度以及持续时间 .....	12
8.3 频谱和带宽 .....	14
8.4 脉冲回波灵敏度 .....	14
8.5 距离幅度曲线 .....	14
8.6 液浸探头声束参数 .....	16
8.7 接触式单晶直探头的声束参数 .....	25
8.8 接触式单晶斜探头的声束参数 .....	28
8.9 接触法双晶直探头的声束参数 .....	34
8.10 接触法双晶斜探头的声束参数 .....	35
8.11 串扰 .....	37
附录 A (规范性) 非聚焦探头近场长度计算 .....	38
A.1 概述 .....	38
A.2 直探头 .....	38
A.3 斜探头 .....	38
附录 B (资料性) 斜探头的校准试块 .....	41
附录 C (资料性) 延迟块和楔块的测定 .....	44
C.1 概述 .....	44
C.2 单晶探头 .....	44
C.3 双晶探头 .....	44

参考文献..... 45

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T 27664《无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验》的第2部分。GB/T 27664已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：仪器；
- 第 2 部分：探头；
- 第 3 部分：组合设备。

本文件代替 GB/T 27664.2—2011《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 2 部分：探头》，与 GB/T 27664.2—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 标准名称修改为《无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验 第 2 部分：探头》；
- b) 增加了“引言”；
- c) 重现编写了“范围”一章；
- d) 更改了“规范性引用文件”引导语并更新文件列表（见第 2 章）；
- e) 删除了“术语”一章中的“盲区”（见 2011 年版的 3.1）、“焦距和近场长度”（见 2011 年版的 3.2）、“工作频率”（见 2011 年版的 3.4）、“脉冲宽度”（见 2011 年版的 3.7）、“斜探头的偏向角”（见 2011 年版的 3.10.2）、“换能器”（见 2011 年版的 3.11）；
- f) 增加了“术语”一章中的“探头测试报告”（见 3.4）、“磨损允许量”（见 3.8）；
- g) 增加了“符号”一章（见第 4 章）；
- h) 增加了“超声探头测试清单”（见表 1）；
- i) 增加了“半圆柱阶梯试块示例”（见图 3）、“带横通孔的试块示例”（见图 5）；
- j) 增加了“幅度及持续时间”（见 8.2）；
- k) 增加了资料性附录“延迟块和楔块的测定”（见附录 C）。

本文件使用翻译法等同采用国际标准 ISO 22232-2:2020《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 1 部分：仪器》（英文版）。

本文件的文本结构和技术内容与 ISO 22232-2:2020 一致。

本文件与 ISO 22232-2:2020 的技术性差异及其原因如下：

- 删除了 EN 前言，并重新编写了前言；
- 用“GB/T 27664.1”代替了“ISO 22232-1:2020”；
- 用“GB/T 27664.3”代替了“ISO 22232-3:2020”；
- 修改了第 2 章“规范性引用文件”中的引导语；
- 第 2 章规范性引用文件清单中所引用的国际标准已转化为我国标准的，则本部分直接引用了与之相对应的我国标准的最新版本；

- 用小数点符号“.”代替了 ISO 18563-2:2017 的小数点符号“,”；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122）归口。

本文件起草单位：汕头市超声仪器研究所股份有限公司

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况：

——2011年首次发布为GB/T 27664.2—2011；

——本次为第一次修订。

## 引 言

GB/T27664.2《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第2部分：探头》规定了超声探头在制作完成后的性能检验，包括测量方法和验收标准。该检测方法对生产环境或使用环境下的用户均适用，其目的是在生产后或使用前对探头是否正常工作、性能是否满足要求进行检验。

GB/T 27664《无损检测 超声检测设备的性能与检验》分为以下三部分：

——第 1 部分：仪器

——第 2 部分：探头

——第 3 部分：组合系统

GB/T27664.1《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第1部分：仪器》规定了A型脉冲超声检测仪工作性能特征及其测量方法和验收标准。

GB/T27664.2《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第2部分：探头》规定了超声探头在制作完成后的性能检验，包括测量方法和验收标准。

GB/T27664.3《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第3部分：组合设备》规定了用适当的标准校正试块测定超声检测仪与超声探头组合工作特性的测量方法和验收标准。

GB/T27664《无损检测 超声检测设备的性能与检验》三部分相互独立，但又相互呼应，形成一套完整标准体系，系统描述了A型脉冲超声检测仪、探头及组合系统性能的测量和验证方法。

# 无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验 第2部分：探头

## 1 范围

本文件规定了中心频率范围在 0.5MHz 到 15MHz，包含聚焦和非聚焦类型的超声波无损检测用探头的特性。

- a) 产生纵波或横波的单晶或双晶接触式探头
- b) 单晶液浸探头

本文件中的材料超声声速基于纵波声速为  $5920 \pm 50\text{m/s}$  以及横波声速为  $3255 \pm 30\text{m/s}$  的钢。

本文件不包含探头的周期性测试。用于探头现场校验的周期性测试方法在 GB/T 27664.3 中给出。探头使用期间，如需要验证 GB/T 27664.3 增加的相关参数时，可以参照本文件中给出的测试方法。本文件未包含超声相控阵探头，另外参考 ISO 18563-2。

注：在不引起混淆的情况下，本文件中的“标准化文件”简称为“文件”。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T12604.1 无损检测术语超声检测

GB/T 19799.2 无损检测超声检测 2号校准试块

GB/T27050.1 合格评定供方的符合性声明第1部分：通用要求

GB/T27664.1 无损检测超声检测设备的性能与检验第1部分：仪器

GB/T27664.3 无损检测超声检测设备的性能与检验第3部分：组合性能

## 3 术语和定义

GB/T 12604.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水平平面** horizontal plane

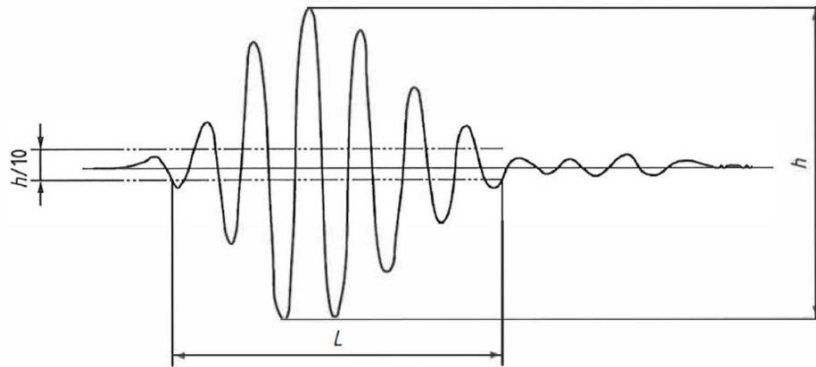
（斜探头）材料中，此平面垂直于含声束轴线的垂直平面（3.7）。

### 3.2

**峰峰值幅度** peak-to-peak amplitude

脉冲内最高正幅度与最低负幅度的差。

注1：见图1。



标引序号说明:

$H$ ——峰峰值波幅

$L$ ——脉冲持续时间

图 1 典型的超声脉冲

### 3.3

#### 探头数据表 probe data sheet

文件给出制造商对于同类型探头的（也就是批量化制造的探头）的技术规范。

注1：数据表不一定是性能测试证书。

注2：对于单独设计和制造的探头，某些参数在制造前可能无法准确知道。

### 3.4

#### 探头测试报告 probe test report

符合本文件要求的文档，给出了一个特定探头的必要参数测量值，包括测试设备和条件。

### 3.5

#### 参考侧面 reference side

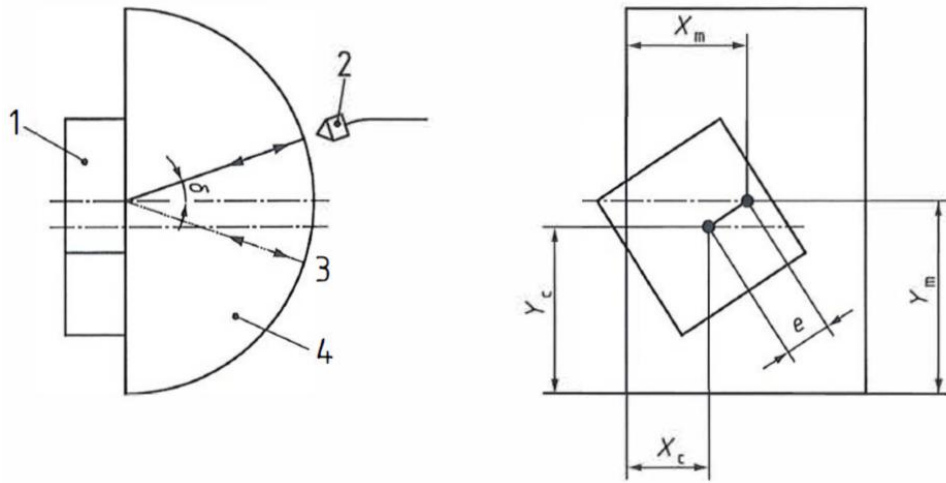
除非制造商另有规定，从斜探头声束方向看进去的右侧为参考边。

### 3.6

#### 直探头偏向角 squint angle for straight-beam probes

在入射点处，声束轴线与耦合面法线之间的夹角。

注1：见图2。



标引序号说明:

- 1——超声波直探头     $e$ ——偏移
- 2——EMA接收器       $\delta$ ——直探头偏向角
- 3——反射点       $X_c, Y_c$ ——探头中心点坐标
- 4——半圆柱试块       $X_m$ ——EMA接收器坐标点
- $Y_m$ ——试块中心坐标点

图 2 直探头偏向角和偏移

3.7

**垂直平面 vertical plane**

(斜探头) 由探头楔块中的声束以及被检物体中的声束形成的平面。

3.8

**磨损允许量 wear allowance**

在不影响探头性能的情况下接触面允许的最大磨损量。

注1: 磨损允许量通常用毫米表示。

4 符号

符号	单位	含义
$L$	us	脉冲持续时间
$H$	V	峰峰值幅度
$f_0$	Hz	中心频率
$f_u$	Hz	上限频率
$f_l$	Hz	下限频率
$\Delta f$	Hz	带宽
$\Delta f_{rel}$	%	相对带宽
$S$	dB	脉冲回波灵敏度
$N_0$	mm	近场长度

$F_D$	mm	焦距
$F_L$	mm	使用反射体测得的-6dB焦区长度或水听器测得的-3dB焦区长度
$Z_P$	mm	焦点
$W_x$	mm	在X轴的焦区宽度
$W_y$	mm	在Y轴的焦区宽度
$\Omega_x$	°	在X轴的声束扩散角
$\Omega_y$	°	在Y轴的声束扩散角
$X$	mm	入射点
$\alpha$	°	声束角
$\delta$	°	直探头偏向角

## 5 符合性的一般要求

所有超声探头如果满足以下所有要求，则符合本文件要求：

- 探头需符合第 8 章的要求；
- 应提供符合 GB/T 27050.1 的符合性声明；
- 超声探头必须明确的标识制造厂家并且带有唯一的序列号，或者显示一个永久参考号码以保证可以追溯到探头数据表及测试报告；
- 应提供与超声探头相对应的探头数据表，该数据表给出第 6 章给出的性能标准；
- 探头测试报告应与探头一起提供，该测试报告至少应该包含第 6 章给出的测试结果。

表 1 汇总了需要在超声探头上进行的测试。

表 1 超声探头测试清单

测试清单	制造商测试
	章节
物理外观	8.1
脉冲波型、幅度和持续时间	8.2
频谱和带宽	8.3
脉冲回波灵敏度	8.4
距离幅度曲线	8.5
<b>液浸探头的声束参数</b>	8.6
轴线声压分布图：聚焦区域的焦距和焦区长度	8.6.2.2
横截面声压分布图：焦区宽度	8.6.2.3
横截面声压分布图：声束扩散	8.6.2.4
扫查法声压分布图：焦距和焦区长度	8.6.3.2
扫查法声压分布图：焦区宽度和声束扩散	8.6.3.3
<b>接触式单晶直探头的声束参数</b>	8.7
声束扩散和旁瓣	8.7.2
直探头的偏向角和偏移	8.7.3
焦距（近场长度）	8.7.4
焦区宽度	8.7.5
焦区长度	8.7.6

<b>接触式单晶斜探头的声束参数</b>	8.8
入射点	8.8.2
声束角和声束扩散	8.8.3
偏向角和偏移	8.8.4
焦距（近场长度）	8.8.5
焦区宽度	8.8.6
焦区长度	8.8.7
<b>接触式双晶直探头的声束参数</b>	8.9
延迟块的延迟	8.9.2
焦距	8.9.3
轴向灵敏度范围（焦区宽度）	8.9.4
横向灵敏度范围（焦区宽度）	8.9.5
<b>接触式双晶斜探头的声束参数</b>	8.10
入射点	8.10.2
声束角和声压分布图	8.10.3
楔块延迟	8.10.4
灵敏度最高点的距离（焦距）	8.10.5
轴向灵敏度范围（焦区长度）	8.10.6
横向灵敏度范围（焦区宽度）	8.10.7
串扰	8.11

## 6 探头技术信息

### 6.1 通则

应列出用于评估探头参数的测试条件和设备（见表2）。

对于单独设计或制造的探头，某些参数可能无法在制造前准确知道。在此情况下，应将测量值作为参考值。

### 6.2 探头数据表

探头数据表给出了本文件范围内所有探头应报告的信息清单（见表2）。

### 6.3 探头测试报告

探头测试报告给出了一个特定探头所需参数的实际测量值以及探头数据表中的其他信息（见表2）。

探头测试报告应包含唯一序列号或永久参考号码，以在特定探头以及其测试报告之间提供唯一相关性。

表2 探头数据表和探头测试报告中给出的信息清单

需提供的信息	探头数据表	探头测试报告	注解
制造商信息	I	I	
探头类型	-	I	
探头序列号	I	I	
探头外壳尺寸	I	I	

探头重量	I	I	
接口类型	I	I	
接口互换性	I	I	仅限于双晶探头
串扰	I	M	仅限于双晶探头
换能器材质	I	I	
换能器形状和尺寸	I	I	
换能器屋顶角	I	I	仅限于双晶探头
楔块材质	I	I	仅限于斜探头
楔块延迟	I	I	仅限于斜探头
延迟块材质	I	I	仅限于直探头
延迟块延迟	I	I	仅限于直探头
保护膜材质	I	I	
允许磨损量	I	I	
脉冲波形	I	M	
频谱	I	M	
中心频率	I	M	
带宽	I	M	
脉冲持续时间	I	M	
脉冲回波灵敏度	I	M	
声束角	I	M	仅限于斜探头
扩散角	I	I	不适合聚焦液浸探头
偏向角	I	I	
偏移	I	I	
探头入射点	I	I	仅限于斜探头 或可以给出探头入射点与探头前沿之间的距离
聚焦类型	I	I	
焦距或近场长度	I	I	
焦区宽度	I	I	仅限于聚焦探头
焦区长度	I	I	仅限于聚焦探头
工作温度范围	I	I	
储藏温度范围	I	I	
距离幅度曲线	I	-	
可获得的距离幅度曲线	I	-	
使用设备	I	I	
测试条件	I	I	
物理外观	-	I	
说明 I: 提供的信息 M: 测试的结果			

## 7 测试设备

## 7.1 电子设备

用于在第8章规定测试中的超声仪器（或实验室的脉冲发射接收仪），应为探头数据表中规定的类型，且符合GB/T 27664.1的相关要求（如适用）。

如指定超过一种超声仪器，则必须使用每种仪器分别进行测试。

测试时应使用探头数据表里规定的探头线和匹配装置，以及特定类型的超声仪器。

注：探头线长度超过2米会对探头性能有显著影响。

除超声仪器以及实验室脉冲接收仪外，按本文件评定探头还需要下列设备：

- a) 一台带宽最小为100MHz的示波器；
- b) 一台带宽最小为100MHz的频谱分析仪，或具有离散傅立叶变换（DFT）的示波器/数字仪或电脑。

以下为可选的附加设备：

- c) 仅用于接触式探头：
  - 1) 电磁声探头（EMA）和接收器
  - 2) 绘制指向性的绘图仪
- d) 仅用于液浸探头

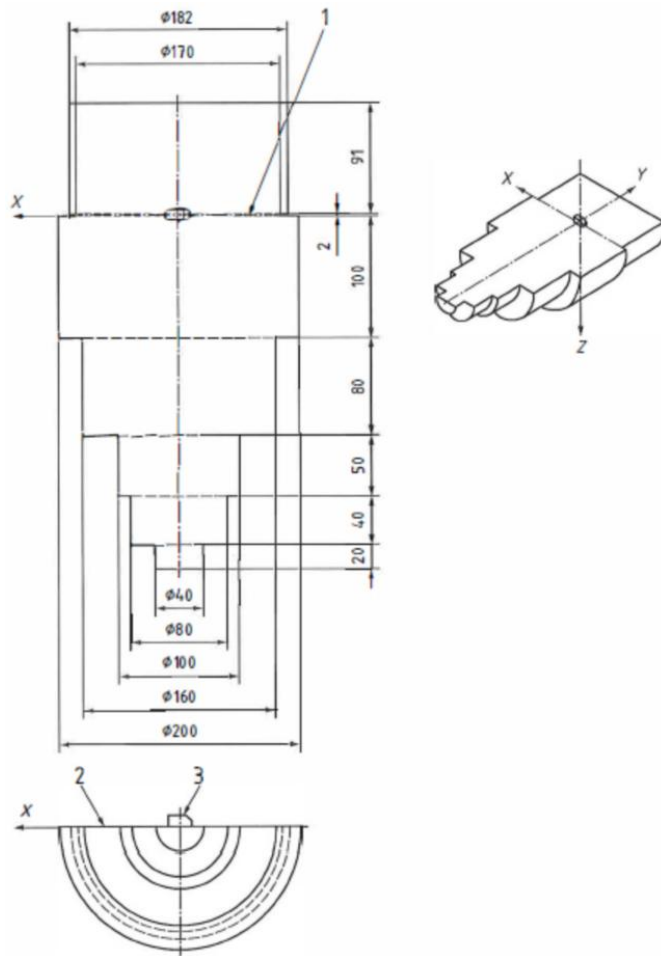
水听接收器的有效直径小于两倍被测探头的中心波长，但不小于0.5mm。水听器和放大器的带宽必须覆盖被测探头的带宽。

## 7.2 试块和其它设备

对用于碳钢的接触式探头，试块质量应符合GB/T 19799.2的规定。对于用于其它材料（如不锈钢、铝、钛或塑料）的接触式探头，试块材料应记录在探头数据表或探头测试报告中，包括测量的声速。其它材料的声衰减也应该被考虑，特别是塑料。

应使用以下试块以及附加的设备对接触式探头进行规定范围的测试：

- a) 半径（R）在12mm至200mm范围内的半圆柱试块，建议台阶差为 $\sqrt{2}R$ ，每个试块的厚度必须大于等于半径，直至最大厚度为100mm。一个例子展示在图3中。
- b) 具有平行面且包含在12mm到200mm之间不同厚度的试块，每个试块的长度和宽度必须大于厚度，最大厚度为100mm。
- c) 如图4或图5所示具有平行于被检面的横通孔试块，孔径最好3mm或1.5mm。对于频率达到2MHz的探头，建议用孔径5mm的横通孔。试块的尺寸应符合以下要求：
  - 1) 试块的长度、高度和宽度应确保试块侧面不会干扰超声波声束。
  - 2) 至少有三个横通孔的孔深位于近场区外。
  - 3) 孔和孔之间的位置应确保信号间不会互相干扰，如相邻两孔间的波幅下降至少26dB。



标引序号说明:

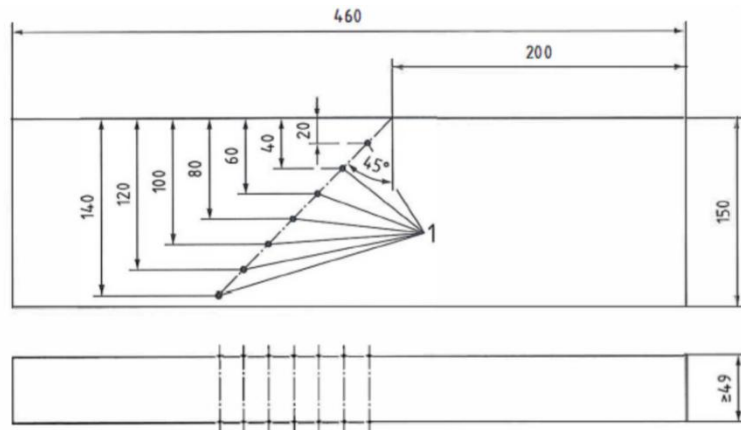
1——刻槽中心线

2——前表面

3——斜探头

X, Y, Z——半圆柱阶梯试块的坐标

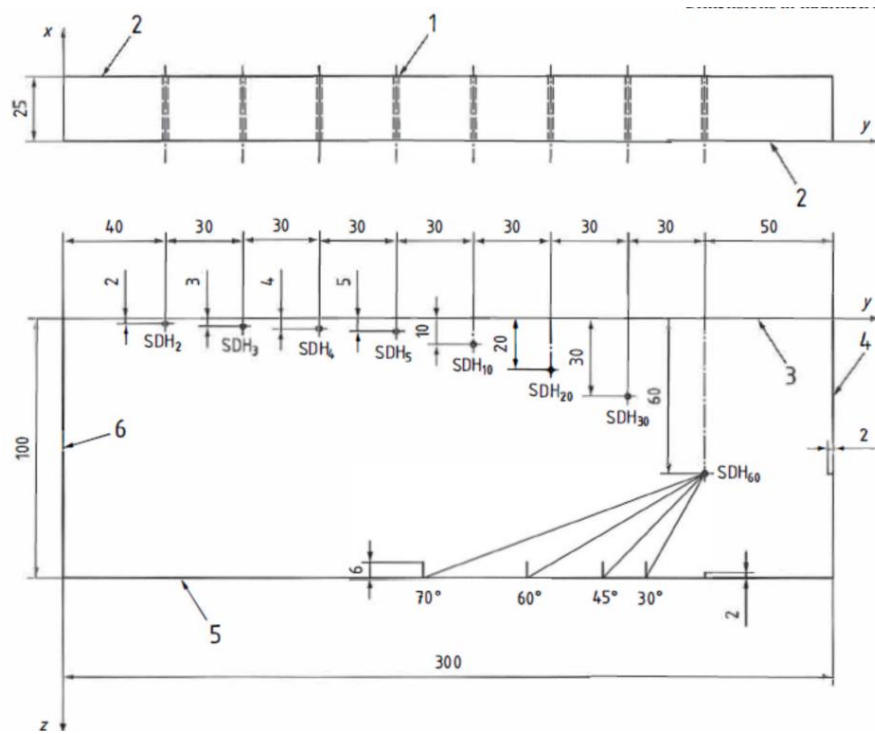
图 3 半圆柱阶梯试块示例



标引序号说明:

1——3mm直径横通孔 (SDH)

图4 直径3mm的横通孔试块示例

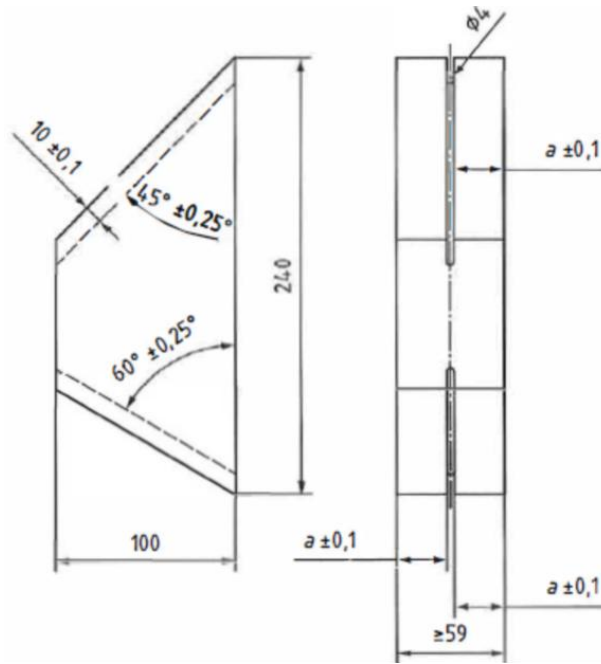


标引序号说明：

- 1——直径1.5mm的横通孔（SDH）                      SDH<sub>n</sub>——在深度n处的横通孔
- 2——前面 x——宽度坐标
- 3——顶面 y——长度坐标
- 4——右面 z——深度坐标
- 5——底面
- 6——左面

图5 带横通孔（SDH）的试块示例

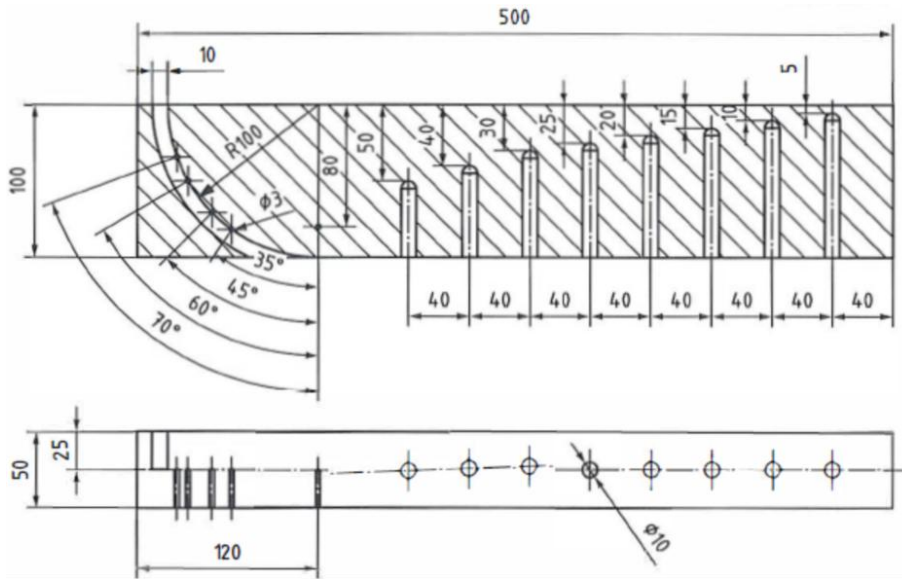
d) 图6展示了含刻槽的斜面试块，图7展示了含半球孔的试块，这些试块分别用于测量垂直面和水平面上的声束扩散。



标引序号说明:

$a$ ——中心线处的位置偏差

图 6 刻槽试块示例



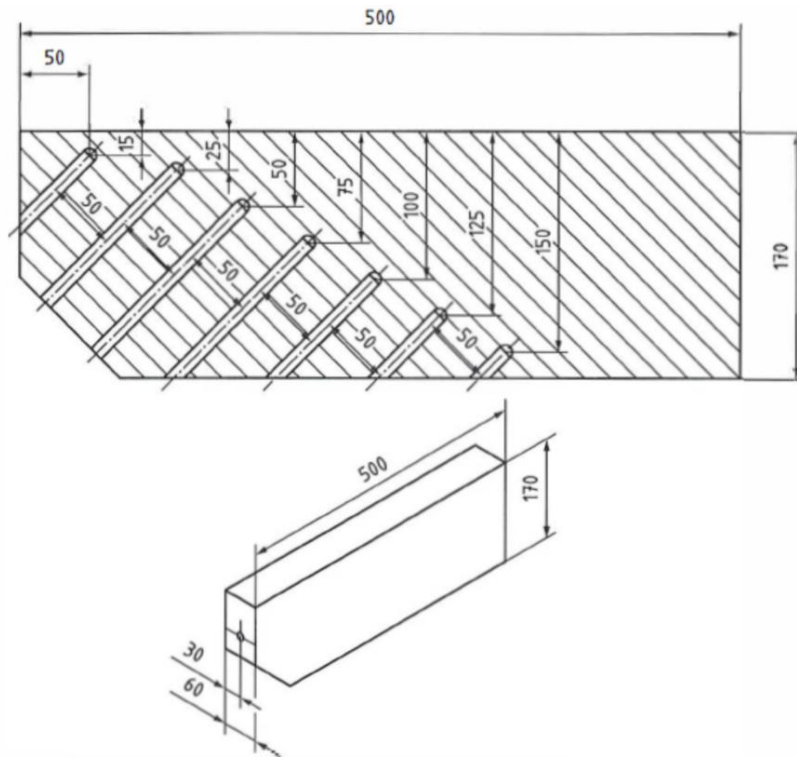


图7 横孔和半球孔试块

e) 附录 B 给出了用于测试斜探头入射点，声束角以及声束扩散的一种代替钢试块。

注：如果只检查特定类型的探头，则不需要所有的试块，如对于测试直探头不需要测量入射点和声束角的试块。

对于测试距离，需要用到下面的设备

f) 直尺。

g) 最小厚度为 0.05mm 的塞尺。

对于液浸探头，应使用以下反射体和附加设备：

h) 具有光滑半球反射面钢球或杆，每个频率范围对应的球或杆的直径在表 3 中给出。

表 3 用于不同频率的钢球（杆）

探头中心频率 MHz	球或杆的直径 $d$ mm
$0.5 \leq f \leq 3$	$3 \leq d \leq 5$
$3 < f \leq 15$	$d \leq 3$

i) 一个大平面和光滑反射体。目标的横向尺寸至少比所测探头在 8.6.2.4.1 章节中定义的焦区末端声束宽度尺寸大 10 倍以上。

反射体的横向尺寸至少应为所用液体声速和被测探头中心频率计算得到的波长值的 5 倍。

j) 具有五自由度的手动或自动扫查机械装置的液浸箱：

三个线性轴：x, y, z

两个角度轴： $\theta$ 和 $\psi$

k) 自动记录方式：如果是自动记录的超声信号幅值，则制造商有责任确保系统具有足够的准确度。尤其应考虑系统带宽、空间分辨率、数据处理和数据存储对检测结果准确性的影响。

测量液浸探头声束的典型设置见图16，17和18。

用于液浸箱的扫查装置，在x和y轴方向上应保持反射体和探头在同一直线上，如在z轴上100mm的距离偏差在±0.1mm内。

在测量8.2至8.6章节所描述的液浸探头特性时，液浸箱中水温应保持在室温下，且偏差不能超过±2°C。

探头数据表应包含水温记录。

应注意水中声衰减的影响，当使用宽频带探头时，这会在高频下造成回波频率的降低。

表4给出了频率降档和水程的对应关系。

表4 相对带宽 ( $\Delta f_{rel}$ ) 为 50%和 100%，中心频率的频率降档与水程长度的关系

$f_0$ MHz	$\Delta f_{rel}$ %	总水程 (mm)															
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350	400
5	50	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
5	100	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	6	7	9	10	11
10	50	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	6	7	9	10	11
10	100	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	16	21	24	28	31	34
15	50	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	10	13	15	18	20	23
15	100	3	6	8	10	13	15	17	19	21	23	30	37	42	47	50	54

## 8 探头性能测试

### 8.1 物理外观

#### 8.1.1 检测方法

目视检查探头外观是否可以正常识别、正确装配以及是否有可能影响其目前或未来使用可靠性的物理损伤。特别是对于接触式探头，使用直尺和塞尺测量接触面的平整度。

#### 8.1.2 验收标准

对于平面探头，在整个探头面上，在尺与探头表面的间隙要小于0.05mm。

探头接触面不允许有可能影响超声声束的可见损伤。

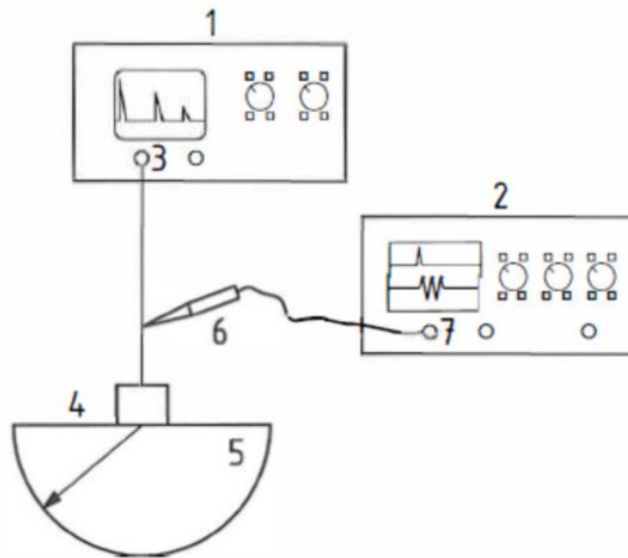
### 8.2 脉冲波型、幅度以及持续时间

#### 8.2.1 检测方法

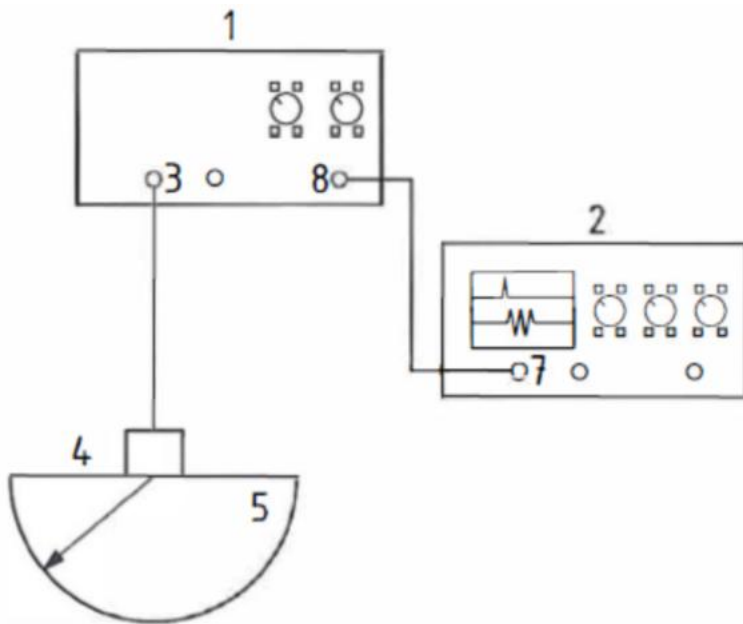
测试回波的峰峰值幅度。

10%峰峰值幅度值定义了对称于基线的等级。信号与这些等级的第一个和最后一个交点定义了脉冲持续时间，如图1所示。脉冲持续时间需按图8（接触式探头）或图16（液浸探头）的设置方式进行测量。

- 单晶接触式探头：应使用半圆柱试块或带平行面的试块，试块的反射面声程选择要大于探头近场长度 1.5 倍或在聚焦探头的聚焦范围内。
- 双晶探头：应使用半圆柱试块或带平行面的试块，试块反射面的声程选择要在焦距范围内最接近焦距的地方。
- 液浸探头：对于聚焦探头应在焦距处使用大平面反射体，对于平探头则应在大于近场长度的 1.5 倍的距离处使用。



a) 使用超声仪器测试



b) 使用超声脉冲发射接收仪测试

标引序号说明:

- 1——超声a) 仪器或b) 脉冲仪                      5——参考试块
- 2——示波器                      6——示波器探头
- 3——探头连接器                      7——示波器输入
- 4——超声探头                      8——脉冲仪 RF 输出

图 8 测量脉冲波型、幅度和持续时间的设置

测试时需要说明是否安装了耐磨板、耦合膜或其他设备。  
应记录脉冲设备，并且建议绘制发射脉冲波型。

### 8.2.2 验收标准

脉冲持续时间不应大于制造商探头数据表中的规定。

探头数据表应包含发射脉冲波形图。

### 8.3 频谱和带宽

#### 8.3.1 检测方法

使用与8.2章节中相同的设置，但应使用频谱分析仪或数字化仪，替代示波器及示波器探头。应使用频谱分析仪或离散傅立叶变换（DFT）对反射体回波进行闸门选中并进行频谱确认。

来自探头的假信号（如：楔块，外壳和阻尼等），不得与来自半圆柱试块或其他恰当的校准试块的回波一起分析。闸门宽度至少为脉冲持续时间的两倍，并且脉冲最大值要位于闸门中心处。

上下限频率 $f_l$ 和 $f_u$ 从频谱最高点下降6dB获得。对于液浸法，所得值要按表4进行修正。

根据这些上下限频率 $f_l$ 和 $f_u$ ，按 GB/T 12604.1 所给公式计算中心频率 $f_0$ ，带宽 $\Delta f$ 和相对带宽 $\Delta f_{rel}$ 。见公式（1）到（3）。

$$f_0 = \frac{f_u + f_l}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta f = f_u - f_l \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta f_{rel} = \left( \frac{\Delta f}{f_0} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

#### 8.3.2 验收标准

测得的中心频率应该在探头数据表中规定频率范围的 $\pm 10\%$ 范围内。

测试的-6dB带宽应该在探头数据表中规定带宽的 $\pm 15\%$ 范围内。

如果频谱在 $f_l$ 和 $f_u$ 之间不止一个幅度最大值时，相邻幅值的最大和最小值之间的差值不得超过3dB。

### 8.4 脉冲回波灵敏度

#### 8.4.1 检测方法

公式4规定了脉冲回波灵敏度：

$$S = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_{out}$ ——来自特定反射体的峰峰值电压，在放大前按8.2章节测量。

$V_{in}$ ——施加于探头上的峰峰值电压，其中超声仪器设置为分离的脉冲/接收模式。

因为耦合条件，脉冲设备、探头、电缆线和接收器的阻抗影响，不同类型超声仪器下的探头灵敏度可能有所不同。因此，应在探头数据表中规定使用的设备。

#### 8.4.2 验收标准

脉冲回波灵敏度应该在探头数据表中制造商规定指标的 $\pm 3\text{dB}$ 内。

对于单独设计制作的探头，应在探头测试报告中给出测得的灵敏度。

### 8.5 距离幅度曲线

#### 8.5.1 概述

超声脉冲的波幅随着与探头的距离变化而变化。因此，对于所有探头，为评估反射体的回波，距离幅度曲线需要使用表 5 中规定的反射体。

表 5 距离幅度曲线反射体

反射体类型	接触式	液浸式
圆盘形	平底孔	平端面杆体
圆柱形	横通孔	圆柱形杆体
球形	半球孔	半球形端面杆体或球

8.5.2 检测方法

当使用接触式探头时，以平底孔、横通孔和半球孔作为反射体。对于液浸式探头，通常使用小尺寸钢球测量距离幅度曲线（见 8.6.2 章节）。

对于双晶探头，探头的隔声层必须与横通孔的轴线垂直。仿轮廓探头应在具有相同曲率的参考试块上评估。如果无法实现，则只能在平接触面的参考试块上评估后，再加工探头楔块到指定的轮廓。

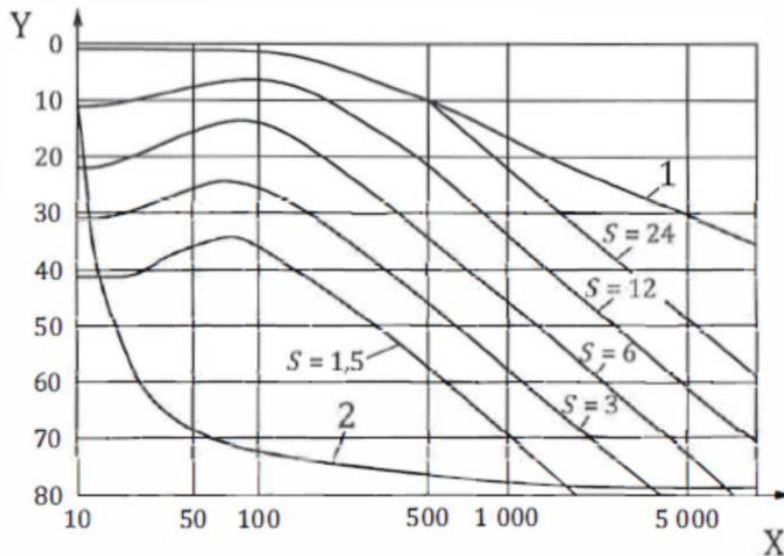
使用一系列直径相同但声程不同的反射体，从不同距离接收回波绘制曲线。除了高聚焦探头外，每条曲线至少要测量 8 个点。对于测试距离，聚焦探头必须覆盖焦距，非聚焦探头要覆盖近场距离。

距离幅度曲线应基于探头数据表中指定的超声仪器上给出。

距离幅度曲线和距离噪声曲线仅在客户要求时制作。

对于每种类型的探头，至少应该提供一条距离幅度曲线，并附带在制造商的探头参数表里。整个图表还应该包括距离噪声曲线。

图 9 提供了一个距离幅度曲线的例子，适用于钢中的圆盘形反射体（距离增益尺寸曲线——DGS 图）。图 10 提供了一个钢中 3mm 横通孔距离幅度曲线的例子，以及相关的距离噪声曲线。



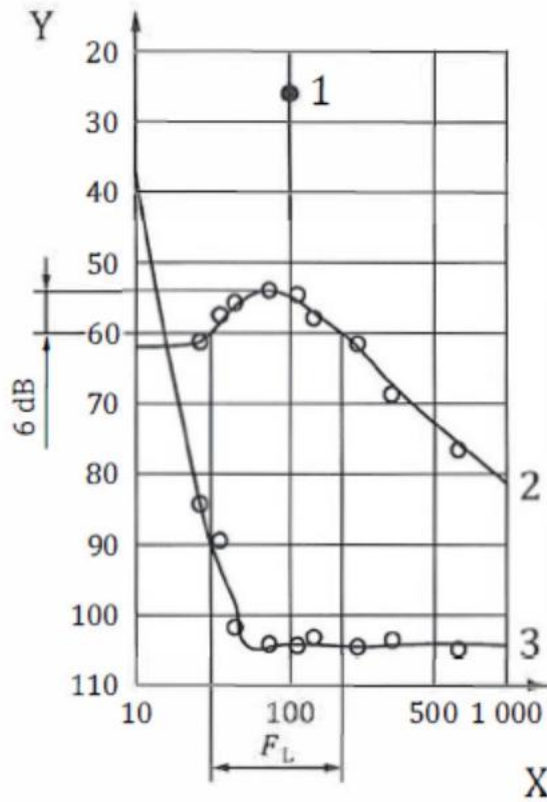
标引序号说明：

1——底面回波 X——距离（mm）

2——噪声等级 Y——增益（dB）

S——反射体尺寸（mm）

图9 钢中圆盘型反射体的距离幅度曲线



标引序号说明:

- 1——底面回波  $X$ ——距离 (mm)
- 2——3mm横通孔的距离幅度曲线  $F_L$ ——焦区长度
- 3——距离噪声曲线  $Y$ ——增益 (dB)

图10 3mm横通孔距离幅度曲线 (含距离噪声曲线)

### 8.5.3 验收标准

在焦距内, 距离幅度曲线和距离噪音曲线与探头数据表中制造商给出的曲线偏差 $\leq 3$ dB。

## 8.6 液浸探头声束参数

### 8.6.1 概述

测量技术通过一个靶研究水中的探头声束。靶很小, 几乎为点反射源, 或者为一个水听器。通过移动靶或探头, 声束参数通过反射体或水听器对声束的扫查确认。

当靶作为反射体时, 使用回波模式。同时验证探头的发射和接收性能。如靶为水听器, 则使用发射模式, 只验证探头的发射性能。

当对某个特定的探头进行所有声束参数的测量时, 应使用相同的反射体或水听器。

当使用水听器或不同类型的反射体时, 最大响应的位置会发生小变化。因此, 为了测量的可重复性, 设备及靶的参数应该被记录在结果中。

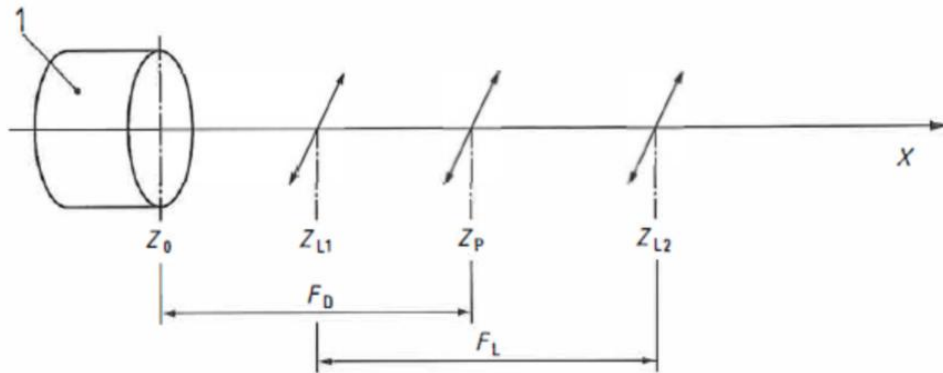
靶在第7.1和7.2章节列出。

超声仪器或脉冲/接收器（脉冲能量，阻尼，带宽，增益）的设置需与8.2章节定义的一致。然后，如果在测量过程改变了设置（如增益），则新的值必须记录在结果表格中。

下面给出两种等效的声束测量方法。两个方法的区别在于测量结果的记录方式不同。

- a) 对特定声束参数进行直接测量：按 8.6.2 章节所述的这种技术，是直接声束内的特定点进行读取。
- b) 使用自动查扫系统测试：按 8.6.3 章节所述的这种技术，是基于扫描时自动收集数据。如果提供声束参数的测量结果，则 C 扫描图也应提供。这份拷贝必须包含声强度的等级定义。

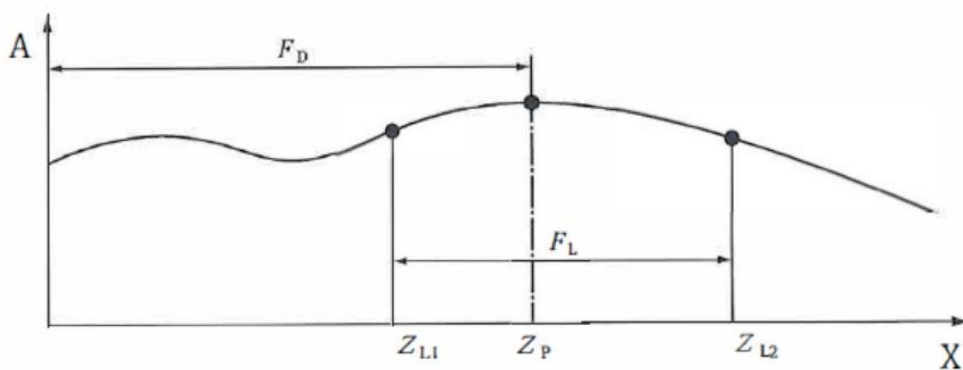
在执行下面描述的声束测量之前，应该如图 16, 17 和 18 所示将声束轴线垂直于 XY 面，以补偿偏向角。这个操作可以通过调整探头夹持装置的 $\theta$ 和 $\psi$ 角，以最大化 XY 平面上的平面靶回波。



标引序号说明：

- 1——探头  $Z_0$ ——声输出点
- $X$ ——距离 (mm)  $Z_{L1}, Z_{L2}$ ——焦区边界
- $F_D$ ——焦距  $F_L$ ——焦区长度
- $Z_p$ ——焦点

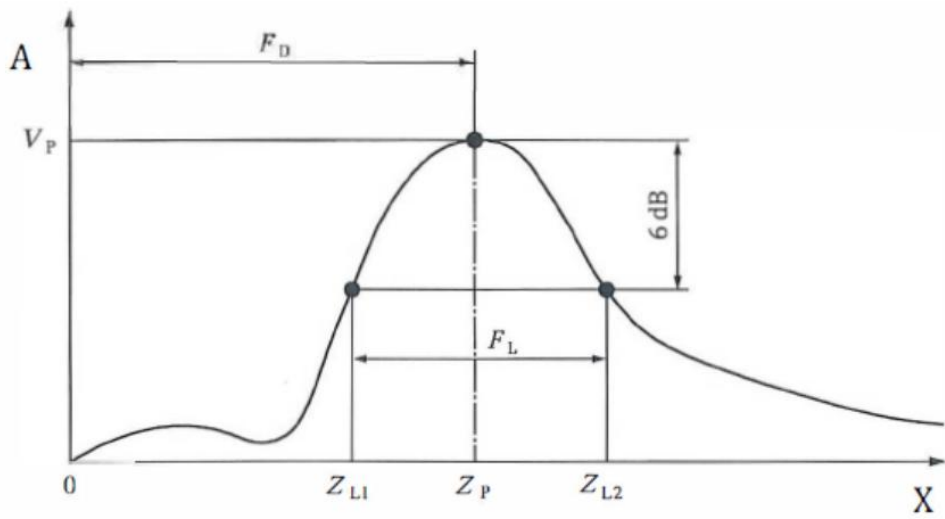
图 11 液浸探头声束轴上的关键点



标引序号说明：

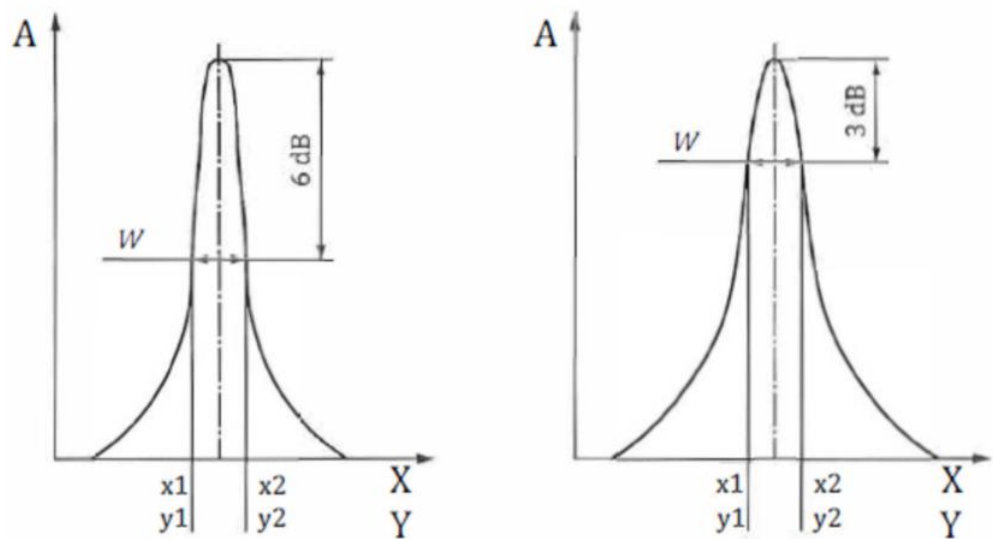
- $A$ ——幅度 (dB)  $Z_{L1}, Z_{L2}$ ——焦区边界
- $X$ ——距离 (mm)  $F_L$ ——焦区长度
- $F_D$ ——焦距  $Z_p$ ——焦点

图 12 非聚焦液浸探头的轴向声压图



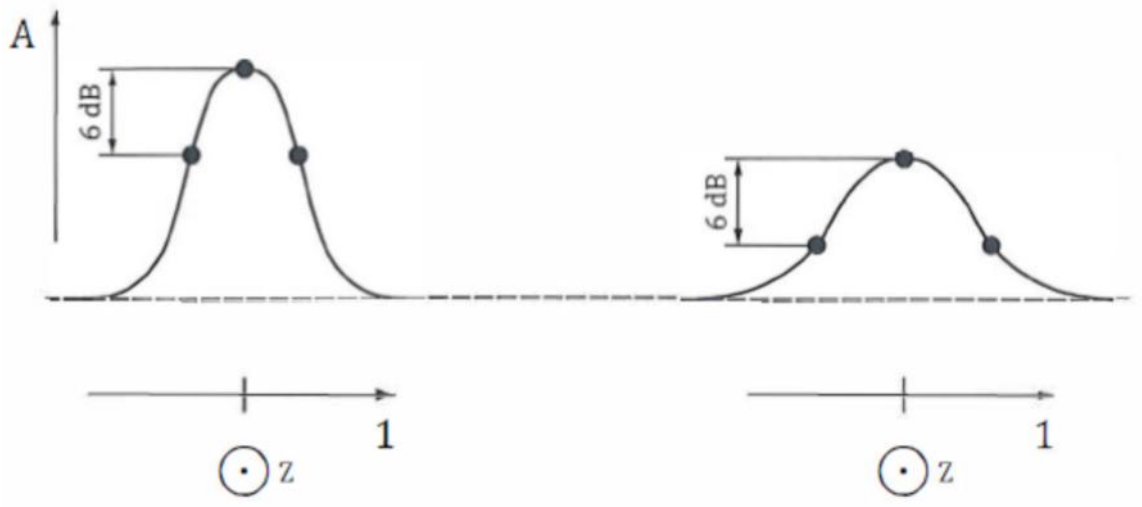
标引序号说明：  
 $A$ ——幅度 (dB)     $Z_{L1}, Z_{L2}$ ——焦区边界  
 $X$ ——距离 (mm)     $F_L$ ——焦区长度  
 $F_D$ ——焦距     $Z_P$ ——焦点  
 $V_P$ ——焦点处波幅

图 13 聚焦液浸探头的轴向声压图



标引序号说明：  
 $X, Y$ ——X或Y轴     $W$ ——焦区宽度  
 $A$ ——幅度  $x1, x2, y1, y2$ ——X轴和Y轴坐标

图 14 液浸探头的横向声压图



a) 在焦点处 b) 水听器法

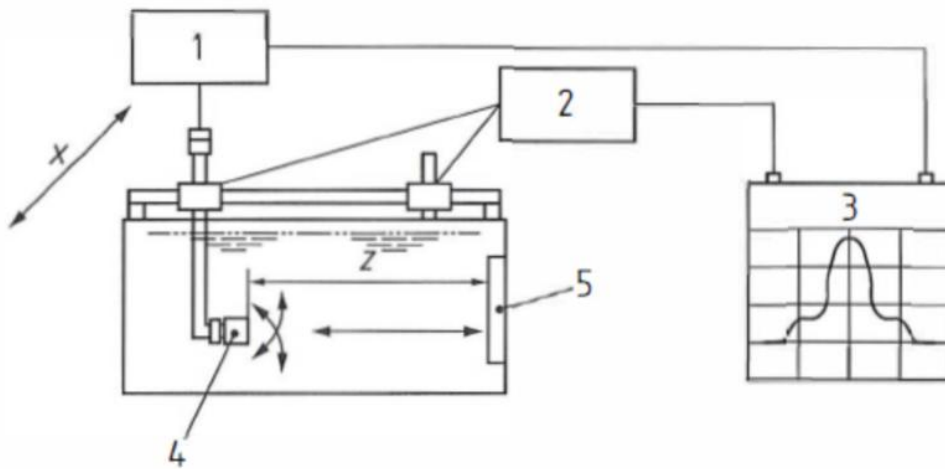
标引序号说明:

1—X轴或Y轴

A—幅度

Z—Z轴 (在声束路径的方向)

图 15 液浸探头焦区的横向声压图



标引序号说明:

1—超声设备 X—横向位置

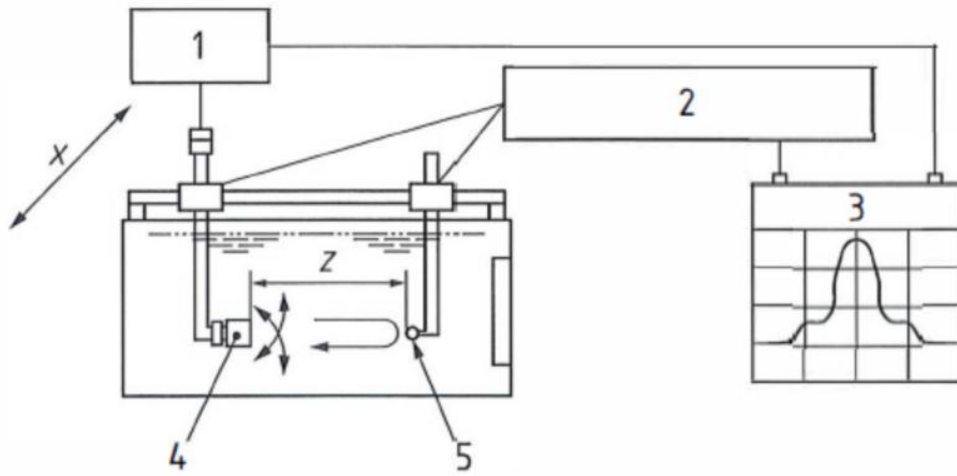
2—定位操作界面 Z—水中声程

3—显示

4—探头

5—平面反射靶

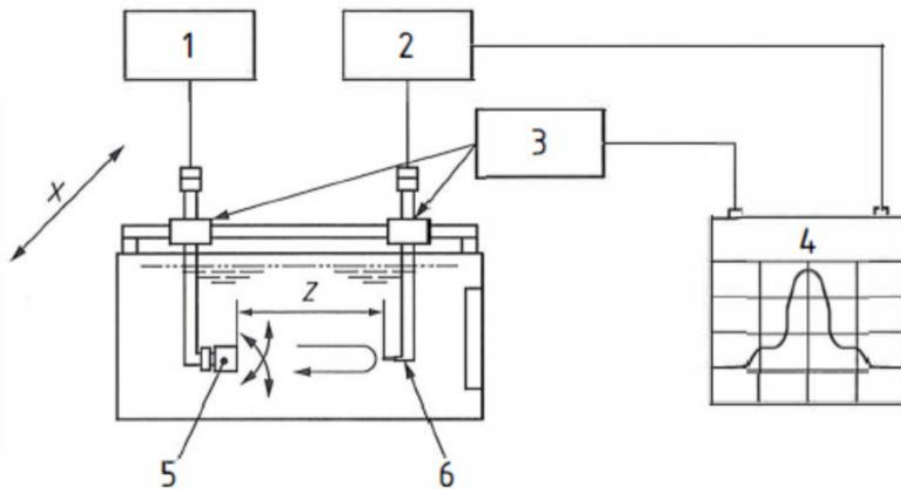
图 16 测量液浸探头声束的装置——调整声束轴



标引序号说明:

- 1——超声设备 X——横向位置
- 2——定位操作界面 Z——水中声程
- 3——显示
- 4——探头
- 5——球反射靶

图 17 使用球反射靶测量液浸探头声束的装置



标引序号说明:

- 1——超声设备 6——水听器
- 2——水听器接收器 X——横向位置
- 3——定位操作界面 Z——水中声程
- 4——显示
- 5——探头

图 18 使用水听器测量液浸探头声束的装置

8.6.2 声束分布图——直接在声束上进行测量

8.6.2.1 概述

可以使用以下任一方法测量超声的峰值回波电压：

- a) 手动记录示波器上的幅值；
- b) 自动记录与扫查装置移动同步的幅值。

在后一种情况下，可以从图像获得焦距，焦区长度，焦区宽度，横向声压分布图以及声束扩散。

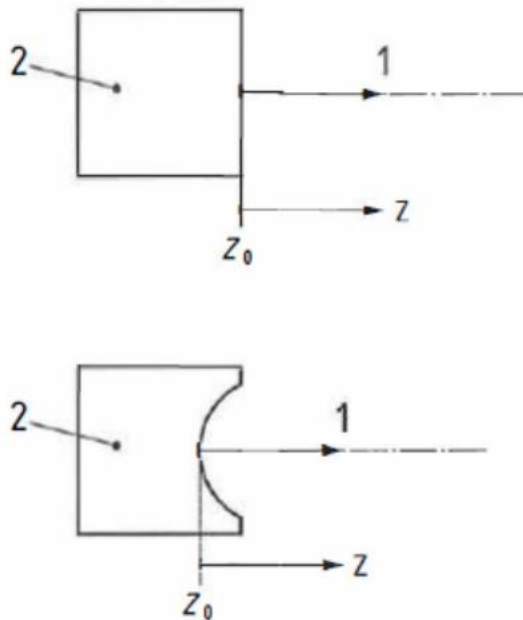
图17展示了使用球反射体的设备，图18展示了使用水听器的设备。

通过轴向声压分布图（图 12 和图 13），可以确定焦距和焦区长度（见图 11），通过横向声压分布图（见图 14 和 15），可以确定焦区宽度和声束扩散。

8.6.2.2 轴向声压分布图——焦距和焦区长度

8.6.2.2.1 检测方法

靶位于探头轴线上，且靶与探头互相接触，探头前表面或声透镜面的坐标为  $Z_0$ ，见图 19。



标引序号说明：

1——声束轴线 Z——距离

2——探头  $Z_0$ ——零点

图 19 液浸探头坐标系统  $Z_0$  点

沿Z轴移动靶（或探头），增加探头——靶之间的距离，测得信号最大时的距离，见图11，12和13。

调节X和Y轴位置，以获得最大的信号幅度。对应的坐标位置为  $Z_p$ ，对应的电压为  $V_p$ 。

焦距由公式（5）给出。

$$F_D = |Z_p - Z_0| \dots\dots\dots (1)$$

通过增加或减少探头与靶之间的距离找到焦区的边界。如使用反射体则以  $V_p$  降低6dB，如使用水听器则以降低3dB来获得两个端点， $Z_{L1}$ 和 $Z_{L2}$ 是这些点在Z轴上的坐标。

长度由公式（6）给出：

$$F_L = |Z_{L2} - Z_{L1}| \dots\dots\dots (2)$$

#### 8.6.2.2.2 验收标准

焦距和焦区长度与制造商探头数据表里面参数值偏差应小于等于±15%。

#### 8.6.2.3 横向声压分布图——焦区宽度

##### 8.6.2.3.1 检测方法

应使用8.6.2.2.1章节的相同的设备和机械设置。靶置于8.6.2.2.1章节测得的焦点处。

为测量X方向的焦区宽度，在X方向移动探头（或水听器），找到靶的回波幅度下降6dB（或水听器下降3dB）的 $X_1$ 和 $X_2$ 两个点。

为测量Y方向的焦区宽度，应将X轴位置返回到焦点处并再重复确认，然后在Y轴上移动，找到靶的回波幅度下降6dB（或水听器下降3dB）的 $Y_1$ 和 $Y_2$ 两个点。

焦点处的X轴和Y轴声束宽度（见图15），由公式（7）分别给出

$$\begin{aligned} W_{X1} &= |X_2 - X_1| \\ W_{Y1} &= |Y_2 - Y_1| \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

##### 8.6.2.3.2 验收标准

两个方向的焦宽与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过±15%。

#### 8.6.2.4 横向声压分布图——声束扩散

##### 8.6.2.4.1 检测方法

声束扩散仅用于非聚焦探头（如声透镜或曲面的压电换能器），如图12。根据8.6.2.3章节的规定，声束扩散通过测量在远场的声束宽度推算获得。

测量步骤如下：

- a) 应按8.6.2.3.1章节测量焦距处的声束宽度 $W_{X1}$ 和 $W_{Y1}$ ；
- b) 靶（或探头）应放置在8.6.2.2.1章节测得的焦区末端处。

从声束轴线上获得的最大值 $V_L$ 处，分别在X轴和Y轴上降低峰值电压6dB（反射体）或3dB（水听器）记录获得的位置 $X'_1$ ， $X'_2$ 和 $Y'_1$ ， $Y'_2$ 。

焦区的声束宽度（见图14），由公式（8）给出：

$$\begin{aligned} W_{X2} &= |X'_2 - X'_1| \\ W_{Y2} &= |Y'_2 - Y'_1| \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

X轴和Y轴的声束扩散角则由以下公式（9）计算得到：

$$\begin{aligned} \Omega_X &= \arctan \frac{W_{X2} - W_{X1}}{2(Z_{L2} - Z_p)} \\ \Omega_Y &= \arctan \frac{W_{Y2} - W_{Y1}}{2(Z_{L2} - Z_p)} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

##### 8.6.2.4.2 验收标准

扩散角与探头数据表中制造商参数的偏差不超过±10%或 $1^\circ$ ，取两值中的较大者。

### 8.6.3 声压分布图：使用自动扫查系统进行测量

#### 8.6.3.1 检测方法

当使用探头（或反射体）的自动化扫查时，应在不同平面的记录超声回波峰值电压。在以下情况，应记录波幅随为指导变化情况：

a) 灵敏度，数据处理过程的幅度分辨率，扫查速度以及扫查分辨率必须足够，以避免丢失信息。系统需具有足够的动态范围，以收集未饱和的高幅度信号（从焦点处获得的），以及足够信噪比的低幅度信号。

b) 把在焦点处获得最大峰值电压定义为 0dB，则扫查记录上必须体现 0dB，-3 dB，-6 dB，-12 dB 的等级编码。

实行三次扫查以进行校验：

c) 为确认焦距和焦区宽度，应在包含声束轴的 XZ 或 YZ 平面进行一次扫查。

d) 应在焦距和焦区远端的横截面 XY 上进行两次扫查。这些扫查提供了在 X 轴和 Y 轴方向上的焦区宽度和声束宽度。声束扩散角根据 XY 平面上测得的声束宽度获得。

#### 8.6.3.2 使用扫查方式获得声压分布图：焦距和焦区长度

##### 8.6.3.2.1 检测方法

当靶为反射体时使用与图17描述的设置，当为水听器时使用图18描述的设置。

从扫查包含声束轴线的平面获得焦距和焦区长度。

调节扫查装置以使得：

a) 移动平面包含声束轴线；

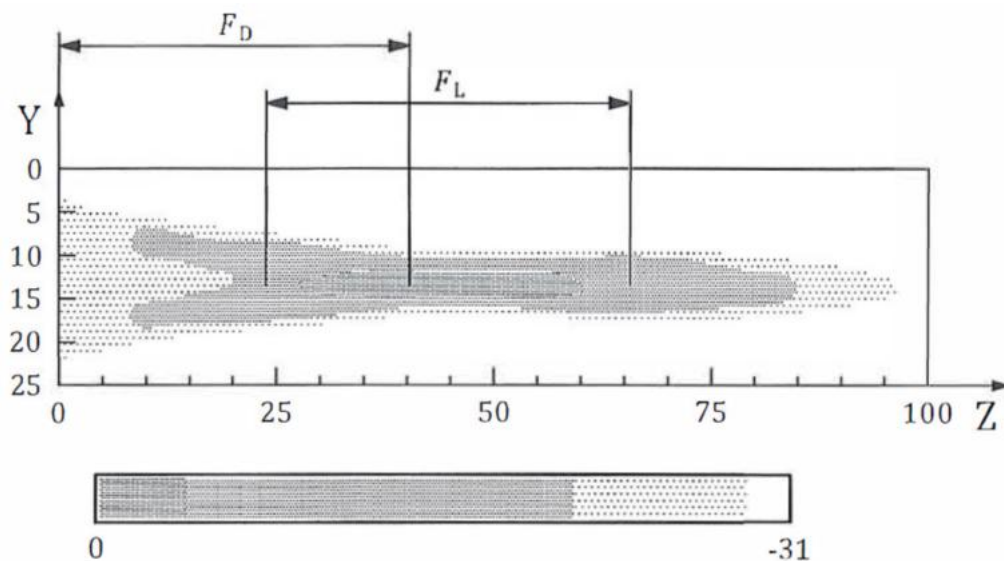
b) 扫描覆盖的 XZ 或 YZ 平面足够宽以包含焦区的端部以及横轴上的幅值低于 6dB（反射体）或 3dB（水听器）的两个点（X 和 Y）。

从图像可以确定以下参数：

c) 8.6.3.2 章节定义的焦距（ $F_D$ ）；

d) 8.6.3.2 章节定义的焦区长度（ $F_L$ ）

图 20 给出了一个示例。



标引序号说明：

$F_D$ ——焦距（mm）

$F_L$ ——焦柱长度 (mm)  
 $Z$ ——声束轴线距离 (mm)  
 $Y$ ——垂直于声束轴线距离 (mm)  
 灰阶——单位为dB的幅度值, 最大幅值为0dB

图 20 一个非聚焦液浸探头的 C 扫描声压分布图

8.6.3.2.2 验收标准

焦距和焦区长度与探头数据表中制造商参数的偏差不得超过±15%。

8.6.3.3 使用扫查方式获得声压分布图：焦区宽度和声束扩算

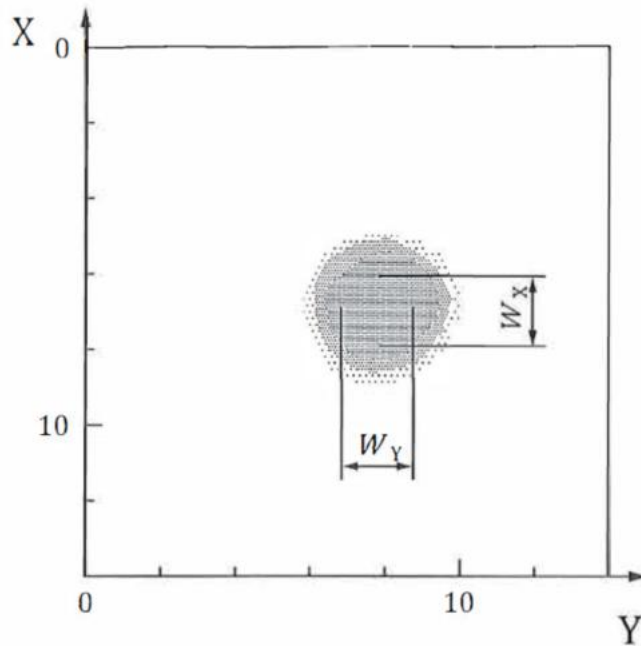
8.6.3.3.1 检测方法

机械装置与8.6.3.2.1章节的一致, 同时在图17和18中描述。

首次扫查应该在焦距处, 扫查装置调节如下:

- a) 调节扫查装置的  $Z$  轴, 使靶位于 8.6.3.2.1 章节确定的焦点处。扫查装置应放置在包含焦点的  $XY$  平面内, 并且应垂直于声束轴线。
- b)  $XY$  扫查区域应包括从  $V_p$  下降 20dB (反射体) 或 10dB (水听器) 幅度的点。

在焦距范围内, 在幅值低于  $V_p$  值的 6dB (反射体) 或 3dB (水听器) 处测出  $X$  或  $Y$  方向的直径  $W_{x1}$  和  $W_{y1}$ , 如图 21 所示的例子。



标引序号说明:

$W_x$ ——X轴上的焦区宽度  
 $W_y$ ——Y轴上的焦区宽度  
 $X, Y$ ——垂直于声束的距离  
 灰阶——单位为dB的幅度值, 最大幅度为0dB

图 21 一个聚焦液浸探头的 C 扫描声压分布图

第二次扫描应在焦区的远端进行。

机械装置设置以及桥的调节与之前的扫查一致，除了靶位于8.6.3.2.1章节所定义的焦区端部 ( $Z_{L2}$ ) 外。

从图像上，使用在焦距上获得  $W_{x2}$  和  $W_{y2}$  相同的方法得到焦区宽度  $W_{x1}$  和  $W_{y1}$ 。  
使用与 8.6.2.4.1 章节相同的计算方式获得 X 和 Y 方向上的声束扩散角。

### 8.6.3.3.2 验收标准

扩散角与探头数据表中制造商参数的偏差不超过  $\pm 10\%$  或  $1^\circ$ ，取两值中的较大者。  
焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不超过  $\pm 15\%$ 。

## 8.7 接触式单晶直探头的声束参数

### 8.7.1 概述

本章节给出的方法仅适用于平接触面的探头。

评估探头需要在具有相同曲率的参考试块上进行。如果无法实现，则只能在平接触面的参考试块上评估后，再加工探头楔块到指定的轮廓。

### 8.7.2 声束扩散和旁瓣

#### 8.7.2.1 检测方法

可以使用以下各种等效方法之一测量扩散图：

a) 使用电磁声 (EMA) 接收器。

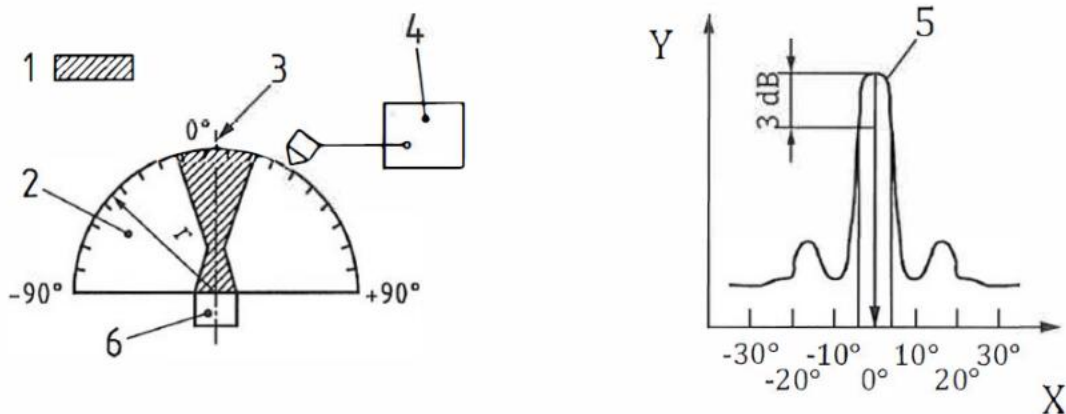
探头与半圆柱试块耦合 (见图22)

在扫查圆柱面试块时，EMA接收器尽可能用一个固定距离靠近表面，以优化接收信号的信噪比。应根据EMA接收器的扫查角度绘制信号幅度图。

图形必须包括主瓣和旁瓣。主瓣的-3dB位置给出扩散角 (图22)。

扩散角应在两个互相垂直的平面测出。

对于矩形换能器，这些平面必须平行于换能器的长边 a 和短边 b。



标引序号说明：

1——声束 5——主瓣

2——半圆柱试块 6——直探头

3——声束轴 X——角度 (以 $^\circ$ 为单位)

4——EMA接收器 Y——幅度 (以dB为单位)

图 22 声束扩散和声束角的测量

## b) 使用横通孔参考试块

试块包含在不同深度且平行于测试面的3mm横通孔，如图4所示，用于在测试面上旋转90°获得在两个互相垂直的平面上确定探头的扩散角和旁瓣。

在最终的声压图中，应标注每个孔接收最大回波的探头位置以及下降6dB的前后位置和旁瓣位置。

声束轴线用穿过最大回波点以及试块表面的法线位置的直线确定。直线与波束的边缘点给出了6dB扩散角。

当声束每次扫过孔时，记录幅度变化与探头位置移动的关系。

如果旁瓣在两个或以上孔的幅度声压图中发现时，旁瓣应按最大范围绘制，并且记录它与主瓣的相对位置。另外还应记录旁瓣相对于主瓣的幅度值。

## c) 使用半球孔的参考试块

包含最大10mm直径的不同深度球孔的试块（见图7），用于确定两个垂直平面上的扩散角。

如果试块足够宽则应通过在两个互相垂直的平面上移动探头，或者将探头在测试面旋转90°来实现。

对于每个孔，应标注出探头的最大回波位置以及下降6dB的前后位置。

## 8.7.2.2 验收标准

扩散角与探头数据表中制造商参数的偏差不超过±10%或1°，取两值中的较大者。

使用反射体技术时旁瓣应小于主瓣20dB，使用电磁声（EMA）技术时旁瓣应小于主瓣10dB。

## 8.7.3 直探头的偏向角和偏移

## 8.7.3.1 检测方法

对于直探头，偏移定义为探头几何中心点与探头声中心点的距离（图2）。

可以使用以下各种等效方法之一测量：

## a) 使用电磁声（EMA）接收器。

使用图2的设置测量直探头的偏向角和偏移。

首先探头连接到一个设置为脉冲回波模式的超声仪器上。通过在半圆形试块上旋转和移动探头使得探头的多次回波达到最大。对于所有反射体，这种情况下声束从圆柱形试块表面垂直入射并且探头的声中心点位于试块的中心线上。

保持探头在该位置，接着探头仅作为EMA接收器的发射器使用。

在圆柱体表面移动EMA接收器，寻找声束入射圆柱体表面后一次波的最大反射信号位置。

测量直探头的偏向角 $\delta$ 。

通过探头几何中心点的坐标 $X_c$ 和 $Y_c$ ，试块中心线坐标 $Y_m$ 以及EMA接收器的坐标 $X_m$ ，根据公式(10)计算获得偏移量 $e$ ：

$$e = \sqrt{(X_m - X_c)^2 + (Y_m - Y_c)^2} \dots \dots \dots (1)$$

## b) 使用含横通孔的参考试块

相对于试块参考点的横通孔（SDH）的位置为 $X_m$ 和 $Y_m$ 。探头与切换到脉冲回波模式的超声仪器连接。

移动探头使声束垂直于SDH，SDH的回波最大化。然后根据探头的定位或从8.7.2.1.1b)中的声轴测量值中获得探头的几何中心点 $X_c$ 和 $Y_c$ 。

根据公式（10）计算偏移量 $e$ 。

直探头的偏向角 $\delta_x$ 和 $\delta_y$ ，在两个互相垂直的方向上独立的由探头方位 $X_c$ 或 $Y_c$ 、 $X_m=Y_m$ 以及横通孔的深度，通过几何计算获得。

根据公式（11）计算得到角 $\delta$ ：

$$\delta = \arctan \sqrt{\tan^2 \delta_y + \tan^2 \delta_x} \dots\dots\dots (2)$$

### 8.7.3.2 验收标准

直探头的偏向角应 $\leq 2^\circ$ ，与探头中心点的偏移应小于1mm。

## 8.7.4 焦距（近场长度）

### 8.7.4.1 近场方法

非聚焦探头的焦距与近场长度相同。对于这些探头很难直接测量他们的焦距。因此，这些探头的近场使用附录A给出的方法，根据测得的中心频率 $F_0$ 以及在两个互相垂直方向上的扩散角 $\gamma_{\perp}$ 和 $\gamma_{\parallel}$ 进行计算。

在预估的焦距处测量扩散角。由于附录A未考虑延迟路径，因此可以使用测量替代计算。

直接接触式的聚焦直探头应在包含相同直径的探头焦距内的平底孔或横通孔参考试块上测量。

使用2mm和3mm直径的反射体制作距离幅度曲线（与测试点最优匹配）。

测量点应接近与曲线的峰值，该峰值给出了被测材料中的焦距。由透镜或弯曲的换能器产生的焦距小于相同尺寸的平面换能器近场长度，除非有意的使用散焦。

### 8.7.4.2 验收标准

焦距与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

## 8.7.5 焦区宽度

### 8.7.5.1 检测方法

类似8.7.2，可以使用EMA接收器或带有横通孔或半球孔的试块测量直接接触式直探头的焦区宽度。可以使用下面的方法：

a) 使用电磁声（EMA）接收器。

探头与半径接近探头焦距的半圆柱试块耦合。

在两个互相垂直的方向上移动EMA接收器，获得信号幅度下降3dB的角度（见8.7.2.1.a）章节）。

探头的焦区宽度可以通过这些假殴打以及试块的半径计算得到。

b) 使用横通孔参考试块。

为确定扩散角，需按8.7.2.1.b)的方式在两个互相垂直的方向移动探头，直到接近焦距的横通孔回波下降6dB。这个移动距离测得声束的焦区宽度。

c) 使用半球孔的参考试块

为确定扩散角，需按8.7.2.1.c)的方式在两个互相垂直的方向移动探头，直到接近焦距的半球孔回波下降6dB。这个移动距离测得声束的焦区宽度。

### 8.7.5.2 验收标准

焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

## 8.7.6 焦区长度

### 8.7.6.1 检测方法

根据8.5或8.7.4章节测得的距离幅度曲线，确定幅度下降6dB的点。  
根据这些点的坐标差值计算焦区长度。

### 8.7.6.2 验收标准

焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

## 8.8 接触式单晶斜探头的声束参数

### 8.8.1 概述

本章节所给方法仅适用于平接触面的探头。

评估探头需要在具有相同曲率的参考试块上进行。如果无法实现，则只能在平接触面的参考试块上评估后，再加工探头楔块到指定的轮廓。

附录B给出斜探头校准试块的示例。

### 8.8.2 入射点

#### 8.8.2.1 检测方法

在1/4圆试块上测量入射点。1/4圆试块的半径必须足够大，以使得圆柱反射面在远场的范围内。调整探头以使得圆柱反射回波达到最大。此时探头的入射点与1/4圆试块的中心刻度线相重合。

#### 8.8.2.2 验收标准

入射点与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

斜探头换能器尺寸 $\leq 15\text{mm}$ 且频率 $\leq 2\text{MHz}$ 的，会产生一个较宽的声束，因此回波最大位置的公差范围在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。

### 8.8.3 声束角和声束扩散

#### 8.8.3.1 检测方法

类似于8.7.2章节中用于直探头的方法，可以使用以下的方法之一来测量扩散角和旁瓣：

a) 使用电磁声(EMA)接收器

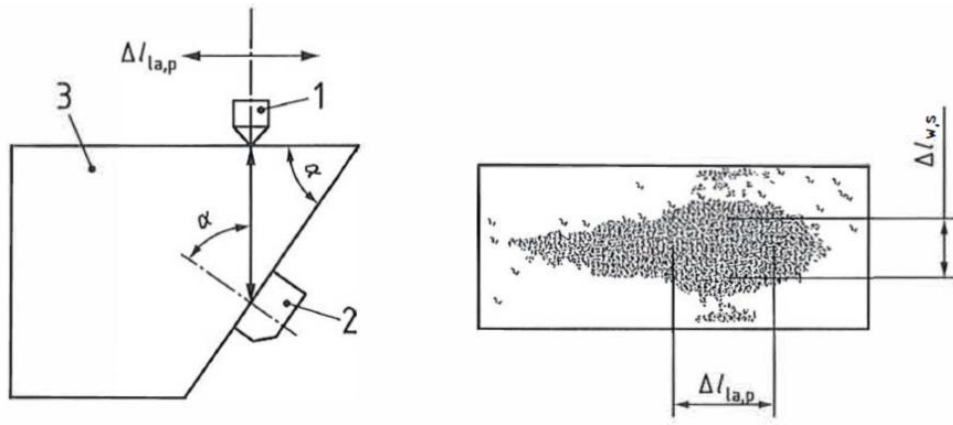
探头耦合到半圆柱形的试块上。

根据EMA接收器的扫查角度绘制对应的信号幅度图。

图应该包含主瓣以及相邻的旁瓣。从主瓣降低3dB的位置角度得出主瓣扩散角。

在两个互相垂直的平面(方位角和水平面)上测量扩散角。最大信号位置给出了声束轴的角度(声束角)。

斜射声束可以从垂直于声轴线平面的C扫描图获得。图23展示了一个45°斜探头通过EMA接收器在试块的45°表面获得的C扫描图象。



a) 参考试块 b) C扫描图象

标引序号说明:

- 1——EMA探头  $\alpha$ ——声束角
  - 2——斜探头  $\Delta l_{a,p}$ ——投影焦区长度
  - 3——试块  $\Delta l_{w,s}$ ——投影焦区宽度
- 灰阶——单位为dB的幅度值，最大幅度为0dB

图 23 使用 EMA 接收器测量声束参数

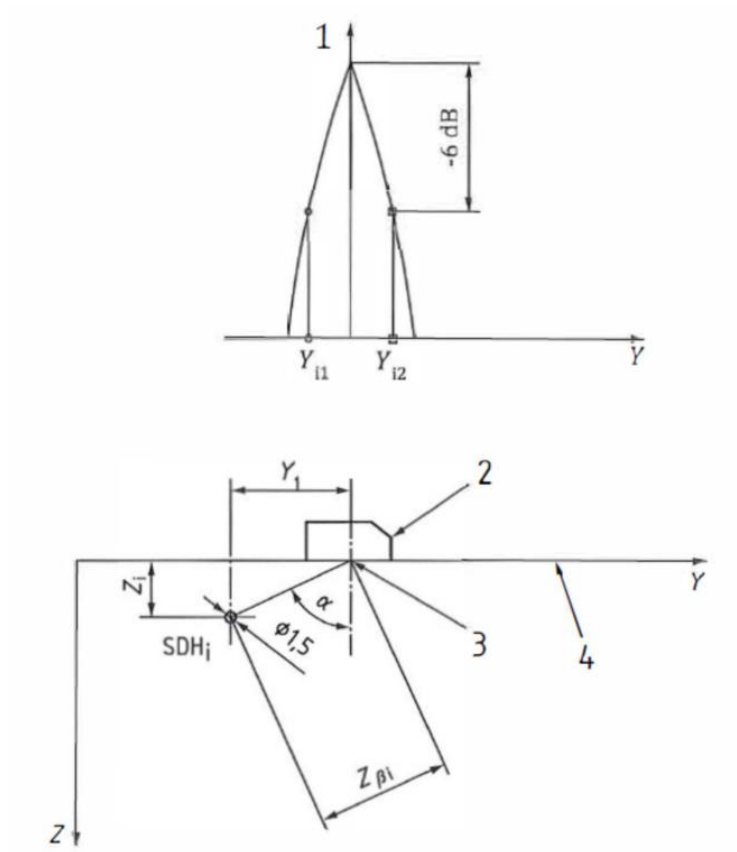
b) 使用横通孔参考试块

侧面带一系列在不同深度的3mm横通孔的试块（见图4），用于测量在两个互相垂直平面上的声束角，扩散角和旁瓣。

每个孔的探头接收回波最大位置，降低6dB的前后位置，以及旁瓣位置都应标注在最终的声压图中。

穿过最大波幅标记点及入射点的直线与试块表面的法线之间的夹角为垂直面的声束角。与声束边缘点连接的直线及声束角给出这个平面中的-6dB扩散角。

图 24 给出了纵波声压图的一个示例。当移动探头，声束依次扫描每个孔时，记录回波幅度的变化。如果旁瓣在两个或以上孔的幅度声压图中发现时，旁瓣应按最大范围绘制，并且记录它与主瓣的相对位置。另外还应记录旁瓣相对于主瓣的幅度值。



标引序号说明:

- 1——回波幅度 (dB)      SDH<sub>i</sub>——横通孔
- 2——斜探头      Y<sub>11</sub>——Y轴上降6dB的下限位置
- 3——探头入射点      Y<sub>12</sub>——Y轴上降6dB的上限位置
- 4——测试面      Z<sub>i</sub>——发射体深度
- Y——长度方向坐标      Z<sub>βi</sub>——声程
- Z——深度方向坐标      α——入射角度

图 24 斜探头纵波声压图的测量

附录B中给出另一种使用横通孔测量声束角的方法。

为了测量水平面上的扩散角（对于 45°和 60°探头）需要一种如图 6 所示的带刻槽试块。相同的方法可以用于确定降低 6dB 的位置，但探头应横向的移动。

c) 使用半球孔参考试块。

如图7所示，使用含一系列不同深度最大直径为10mm半球孔的试块，以测量垂直面和水平面上的声束角和扩散角。

每个孔的探头接收回波最大位置，降低6dB的前后位置都应标注在最终的声压图中。

穿过最大波幅标记点及入射点的直线与试块表面的法线之间的夹角为垂直面和水平面的声束角。与声束边缘点连接的直线及声束角给出这些平面中的-6dB 扩散角。

### 8.8.3.2 验收标准

频率低于2MHz且声束角60° 以下的，测试值应在标称角度的±3° 内，其他频率大于等于2MHz的则在标称角度的±2° 内。

标称声束角大于 $60^\circ$ 的，测量值应在标称角度的 $\pm 3^\circ$ 内。

扩散角与探头数据表中制造商参数的偏差不超过 $\pm 10\%$ 或 $1^\circ$ ，取两值中的较大者。

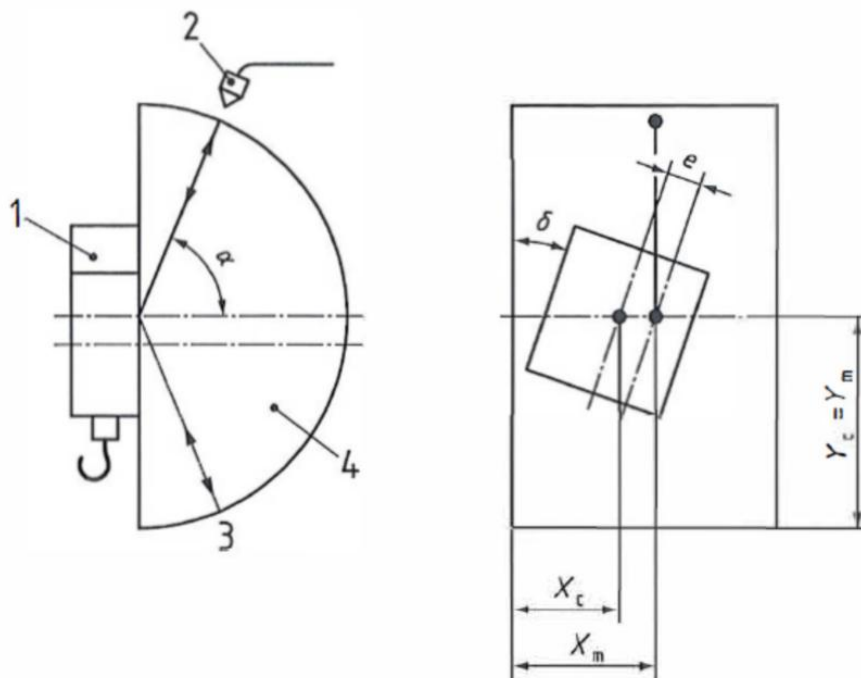
当使用反射法且波束角在 $45^\circ$ 到 $60^\circ$ 之间时，旁瓣幅度应该比主瓣幅度低 $20\text{dB}$ 以上，对于更高的声束角，则旁瓣应该比主瓣低 $15\text{dB}$ 以上。

对使用EMA法且波束角在 $45^\circ$ 到 $60^\circ$ 之间时，旁瓣幅度应该比主瓣幅度低 $10\text{dB}$ 以上，对于更高的声束角，则旁瓣应该比主瓣低 $8\text{dB}$ 以上。

### 8.8.4 斜探头的偏向角和偏移

#### 8.8.4.1 检测方法

斜探头的偏移定义为探头几何中心线与探头测量的声束方向之间的距离（图25）。



标引序号说明：

- 1——超声斜探头      e——偏移
- 2——EMA接收器      δ——斜探头偏向角
- 3——回波点       $X_c, Y_c$ ——探头中心坐标
- 4——半圆柱试块       $X_m$ ——EMA接收器坐标
- $\alpha$ ——声束角       $Y_m$ ——试块中心坐标

图 25 斜探头的偏向角和偏移

所有斜探头的偏向角都必须确认。偏移则仅在预计的偏差大于8.8.4.2中相关规定时才需要确认。

可以使用以下方法之一：

a) 使用电磁声（EMA）接收器

使用与8.7.3章节相同的设置测试斜探头的偏向角和偏移（图25）。偏向角定义为探头的参考侧面与投射到耦合面的声束轴之间的夹角（图25）。

首先，探头与半圆柱体试块耦合，且超声仪器切换到回波模式。

在半圆柱试块上转动及移动探头，使来自试块的系列回波幅度最大。

那么在所有反射体中，声束垂直入射至圆柱面，并且入射点在试块的中心线上。

在这个位置上，探头侧扁以及试块侧边之间的角度为偏向角。

其次，需要使用EMA接收器（探头仅作为发射器）。在圆柱体表面移动EMA接收器，寻找声束入射圆柱体表面后一次波的最大反射信号位置。

使用公式（12）计算偏移  $e$ ：

$$e = (X_m - X_c) \cos \delta \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$X_m$ ——EMA接收器的位置坐标

$X_c$ ——试块中心线与设计声束路径的交点坐标

对于预期有大偏向角，如用于检测横向不连续性的探头， $X_c$  是试块中心线与理论声束路径的交点坐标（不一定平行于参考侧面）。在这个情况下，应使用公式（12）的声束路径偏差来计算偏移值  $e$ ，而不是使用探头参考侧面的偏向角。

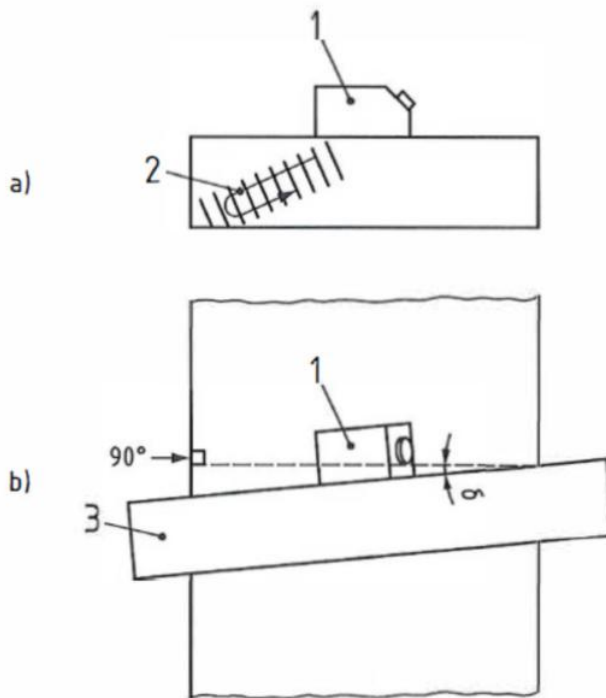
b) 使用参考试块

对于横通孔，按8.7.3.1章节只能测量偏向角。

在一个合适的大平面试块上调节探头的位置，以获得来自试块直角处的最大回波，如图26所示。该角反射器应在探头的远场范围。

使用直尺和量角器测量探头的参考侧面与直角边法线的夹角，得出偏向角  $\delta$ 。

如果第一次测量的偏向角超过  $1^\circ$ ，则总共测量三次并取平均值。



标引序号说明：

- 1——探头 a) ——侧视图
- 2——声束 b) ——俯视图
- 3——直尺  $\delta$ ——偏向角

图 26 使用校准试块的直角边测量偏向角

#### 8.8.4.2 验收标准

偏向角应 $\leq 2^\circ$ ，与探头中心线的偏移应 $\leq 1\text{mm}$ 。

#### 8.8.5 焦距（近场长度）

##### 8.8.5.1 检测方法

此处使用的方法与直探头所使用的方法类似（见8.7.4章节）。对于非聚焦的斜探头，根据附录A所给的公式，通过测量得到的中心频率 $f_0$ 和声束扩散角 $\gamma_\perp$ 和 $\gamma_\parallel$ 计算。

在预计的焦距处测量扩散角。由于附录A未考虑延迟块路径，因此可以使用测量替代计算。

接触式聚焦斜探头，使用与直探头同样的方法（见8.7.5章节）。

距离幅度曲线的产生需要使用小直径的平底孔、半球孔和横通孔反射体至少测8个点，峰值点得出焦距。

建议测量点要在换能器的焦距范围内靠近峰值波幅的地方。

必须覆盖峰值幅度下降6dB的范围。

透镜和曲面探头产生的焦距总是小于相同尺寸和频率平探头的近场长度，除非使用散焦探头。

##### 8.8.5.2 验收标准

焦距与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

#### 8.8.6 焦区宽度

##### 8.8.6.1 检测方法

如8.7.2章节一样用类似扩散角的方法使用EMA接收器、横通孔和半球孔，测量焦宽。

应使用以下的任一种方法在两个互相垂直的方向上进行测量：

a) 使用电磁声（EMA）接收器。

探头耦合在半径接近探头焦距的半圆柱试块上。通过在试块表面移动EMA探头，确定信号幅度从峰值幅度降低3dB的点。

根据这些角度和已知的试块半径，计算焦距处的声束宽度。

b) 使用含有横通孔的参考试块。

按8.8.3.1.b) 章节描述的方法，移动探头直至横通孔从焦距处下降波幅6dB，此位移提供了垂直平面上的声束聚焦宽度。

使用8.9.5.1.b) 章节描述的方法，测量水平面上的焦区宽度。

c) 使用含半球孔的参考试块。

按8.8.3.1.C) 章节描述的方法，移动探头直至半球孔从焦距处下降波幅6dB，此位移提供了垂直和水平平面上的声束聚焦宽度。

##### 8.8.6.2 验收标准

焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

#### 8.8.7 焦区长度

##### 8.8.7.1 检测方法

根据8.5章节和8.7.5章节所测得的距离幅度曲线，确定从焦点处波幅下降6dB的点。通过这些点的坐标差值给出焦区长度。

### 8.8.7.2 验收标准

焦区长度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

## 8.9 接触法双晶直探头的声束参数

### 8.9.1 概述

本章节给出的方法仅适用于平接触面的探头。

评估探头需要在具有相同曲率的参考试块上进行。如果无法实现，则只能在平接触面的参考试块上评估后，再加工探头楔块到指定的轮廓。

### 8.9.2 延迟块的延迟路径

对于接触式的双晶直探头，使用反射面距离与焦点最接近并且位于焦距之内的1/4圆试块、半圆柱试块或平行面试块的回波。如果使用1/4圆试块或半圆柱试块，则调节探头的位置，以从试块弧面获得最大的信号。

通过试块的声速，将显示的水平轴设置为声程模式。设置发射脉冲位置为显示的水平轴零点。读取从试块反射面的回波位置，减去试块中的距离得到延迟块的延迟路径。延迟块的延迟路径表达为以毫米为单位的，材料中（如钢）的近场等效声程。附录 C 给出了一种确认延迟块延迟路径的方法。

### 8.9.3 焦距

#### 8.9.3.1 检测方法

根据8.5章节，距离幅度曲线上的最大幅度点定义为焦距。

在预估的焦区内，来自反射体的回波高度用于建立距离幅度曲线（至少8个点）。

探头的隔声层应该垂直于横通孔轴线。

#### 8.9.3.2 验收标准

最大回波位置与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

### 8.9.4 轴向灵敏度范围（焦区）

#### 8.9.4.1 检测方法

根据8.6.2.2中测量的曲线确定-6dB点。

#### 8.9.4.2 验收标准

轴向灵敏度范围（焦区长度）与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

### 8.9.5 横向灵敏度范围（焦区）

#### 8.9.5.1 检测方法

为确定横向灵敏度范围，应使用以下的方法之一：

a) 使用电磁声（EMA）接收器

使用与单晶换能器相同的设置（见8.8.3章节）。

分别测量每个探头的声压分布图，根据两个声压分布图计算出组合后的声压分布图。

选择半径与探头焦距接近的半圆柱形试块。

每次操作探头中的一个换能器，用EMA接收器在圆柱形试块表面扫查。

在声压分布图中的每个点记录两个换能器的信号幅度。

在声束范围内的每个点累加每个探头测得的波幅值（dB值相加）。

这些结果给出了双晶探头的指向图。

从这些结果的最大波幅下降6dB，获得声束的-6dB边界。

在两个互相垂直的方向进行测量，平行以及垂直于隔声层上。

#### b) 使用含3mm横通孔的试块

使用位置接近探头焦点的3mm横通孔。

在耦合面移动探头，直到横通孔的回波下降6dB。

探头给出的这些位置得出垂直于声束轴线的-6dB焦区宽度。

在平行和垂直于探头隔声层的方向上进行扫查以得到两个互相垂直的焦区宽度。

#### c) 使用含半球孔的试块

使用最大直径10mm且靠近探头焦点的半球孔试块。

在耦合面移动探头，直到半球孔的回波降低6dB。

探头给出的这些位置得出垂直于声束轴线的-6dB焦区宽度。

在平行和垂直于探头隔声层的方向上进行扫查以得到两个互相垂直的焦区宽度。

### 8.9.5.2 验收标准

平行或垂直于隔声层的焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

## 8.10 接触法双晶斜探头的声束参数

### 8.10.1 概述

本章节给出的方法仅适用于平接触面的探头。

评估探头需要在具有相同曲率的参考试块上进行。如果无法实现，则只能在平接触面的参考试块上评估后，再加工探头楔块到指定的轮廓。

对于在物体表面或沿着物体表面产生波的接触法双晶探头（如爬波或瑞利波），应在8.10.5章节（焦距）、8.10.6章节（焦区长度）和8.10.7章节（焦区宽度）的接触面使用刻槽。

### 8.10.2 入射点

#### 8.10.2.1 检测方法

通过试块测量入射点的方法与单晶探头相同（见8.8.2章节）。

#### 8.10.2.2 验收标准

入射点与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

### 8.10.3 声束角和声压分布图

#### 8.10.3.1 检测方法

使用EMA接收器或横通孔或半球孔的反射，确定双晶探头的声束角。

##### a) 使用电磁声（EMA）接收器

使用与单晶探头相同的设置（见8.8.3章节）。探头的声压分布图，根据分别测试得到的每个换能器声压分布图组合计算得到。

每次操作探头中的一个换能器，用EMA接收器在圆柱形试块表面扫查。

在声压分布图中的每个点记录两个换能器的信号幅度。

在声束范围内的每个点累加每个探头测得的波幅值（dB值相加）。

这些结果给出了双晶探头的指向图。

从这些结果的最大波幅下降6dB，获得声束的-6dB扩散角。

根据扩散角的算术平均值计算声束角。

b) 使用 3mm 直径横通孔。

使用与单晶探头相同的设置（见 8.8.3 章节）。

c) 使用最大 10mm 直径半球孔

使用与单晶探头相同的设置（见 8.8.3 章节）。

### 8.10.3.2 验收标准

计算所得到的声束角应在标称角度的 $\pm 2^\circ$ 范围内。

### 8.10.4 楔块延迟路径

对于接触式双晶斜探头，使用反射面最接近于焦点但在焦距范围内的 1/4 圆试块或半圆柱试块的回波。调整探头的位置，以获得反射面的最大信号。

#### 8.10.4.1 检测方法

通过试块的声速，将显示的水平轴设置为声程模式。

将发射脉冲的位置设置为屏幕水平轴上的零点。

读取从试块反射面的回波位置，减去试块中的距离得到楔块的延迟路径。

楔块的延迟路径表达为以毫米为单位的，材料中（如钢）的近场等效声程。

#### 8.10.4.2 验收标准

楔块延迟路径与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 10\%$ 。

### 8.10.5 最大灵敏度处的距离（焦距）

#### 8.10.5.1 检测方法

应根据双晶直探头的方法（见 8.9.4 章节），通过至少 8 个点的距离幅度曲线来确定焦距。

#### 8.10.5.2 验收标准

楔焦距与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

### 8.10.6 轴向灵敏度范围（焦区长度）

#### 8.10.6.1 检测方法

应根据双晶直探头的方法（见 8.9.5 章节）确定轴向灵敏度范围。

#### 8.10.6.2 验收标准

焦区长度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

### 8.10.7 横向灵敏度范围（焦区宽度）

#### 8.10.7.1 检测方法

应根据双晶直探头的使用EMA接收器方法（见8.9.5章节）确定横向灵敏度范围，回波来自于3mm横通孔或最大直径10mm的半球孔。

#### 8.10.7.2 验收标准

焦区宽度与探头数据表中制造商参数的偏差不能超过 $\pm 20\%$ 。

### 8.11 串扰

#### 8.11.1 检测方法

将超声仪器切换到一收一发模式，并将探头连接到发射和接收插座。

将探头耦合到参考试块上，试块的尺寸要允许在探头的焦点范围内获得底波。

将该回波调节到80%的屏幕高度（FSH），并记下增益值。

如果来自耦合面的回波在显示屏上可见，增加增益直到波幅达到80%。

与第一个设置的dB差即为串扰。

如果耦合回波不可见，则只能给出一个串扰的下限值。

#### 8.11.2 验收标准

如适用，底波与串扰之间的差值应大于30dB。

附 录 A  
(规范性)  
非聚焦探头近场长度计算

### A.1 概述

根据测得的中心频率 ( $f_0$ ) 和两个互相垂直方向的声束扩散角 ( $\gamma_{\perp}$  和  $\gamma_{\parallel}$ ), 计算非聚焦探头的近场长度。通常在脉冲回波模式下, 扩散角用最大波幅处降低6dB来定义。

### A.2 直探头

如果  $\gamma_{\parallel}$  为平行扩散角,  $\gamma_{\perp}$  为垂直扩散角, 则圆形换能器的近场长度计算公式如下:

$$N_0 = v_b / (15.16 f_0 \sin^2[\gamma]) \dots\dots\dots (A.1)$$

对于两个角度  $\gamma_{\perp}$  和  $\gamma_{\parallel}$ ,  $v_b$  为试块的声速。

其中较大的  $N_0$  为圆形换能器的近场长度。

测出矩形换能器平行于两个侧边  $a$  和  $b$  (其中  $a \geq b$ ) 的声束扩散角。

通过测得的平行于长边的扩散角  $\gamma_a$  和中心频率  $f_0$ , 计算矩形换能器的等效边长  $a_{\text{eff}}$ :

$$a_{\text{eff}} = (0.442 v_b) / (f_0 \sin[\gamma_a]) \dots\dots\dots (A.2)$$

通过测得的平行于长边的扩散角  $\gamma_b$  和中心频率  $f_0$ , 计算矩形换能器的等效边长  $b_{\text{eff}}$ :

$$b_{\text{eff}} = (0.442 v_b) / (f_0 \sin[\gamma_b]) \dots\dots\dots (A.3)$$

根据  $b_{\text{eff}}/a_{\text{eff}}$  计算长宽比, 并从图A.1中获得外形系数  $k$ 。

矩形换能器的近场长度可以计算得到:

$$N_0 = (k a_{\text{eff}}^2 f_0) / (4 v_b) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$v_b$ ——试块中的声速。

### A.3 斜探头

使用测得的中心频率  $f_0$  和两个互相垂直方向 (垂直面和水平面) 上的声束扩散角  $\gamma$ , 计算平换能器以及平接触面的斜探头的近场长度。

若  $\gamma_a$  为在垂直平面上测量的角度,  $\gamma_h$  是在垂直于它的平面上测量的角度, 则用测试块中已知的声速  $v_b$  计算圆形换能器的近场长度

$$N_{0h} = v_b / (15.16 f_0 \sin^2[\gamma_h]) \dots\dots\dots (A.5)$$

(在水平面上)

$$N_{0a} = v_b / (15.16 f_0 \sin^2[\gamma]) \dots\dots\dots (A.6)$$

(在垂直面上)

式中:

$\gamma$ —— $\gamma_a \cos\beta/\cos\alpha$ ;

$\alpha$ ——斜探头在楔块中的声束角（入射角）；

$\beta$ ——斜探头在被检材料中的声束角（折射角）。

$N_{0h}$  和  $N_{0a}$  中的较大值是探头的近场长度。

对于矩形换能器需要先计算等效边长 $a_{\text{eff}}$ 和 $b_{\text{eff}}$ 。如果 $a$ 为长边 $b$ 为短边，则有以下两种情况：

a) 长边  $a$  在水平面内：

$$a_{\text{eff}} = (0.442v_b)/(f_0 \sin [\gamma_a]) \dots\dots\dots (A. 7)$$

$$b_{\text{eff}} = (0.442v_b)/(f_0 \sin [\gamma]) \dots\dots\dots (A. 8)$$

式中：

$\gamma$ —— $\gamma_h \cos\beta/\cos\alpha$ 。

b) 长边  $a$  在垂直面内：

$$a_{\text{eff}} = (0.442v_b)/(f_0 \sin [\gamma]) \dots\dots\dots (A. 9)$$

$$b_{\text{eff}} = (0.442v_b)/(f_0 \sin [\gamma_h]) \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中：

$\gamma$ —— $\gamma_h \cos\beta/\cos\alpha$ 。

按 $b_{\text{eff}}/a_{\text{eff}}$ 计算长宽比，从图A.1查询对应的外形系数 $k$ 。

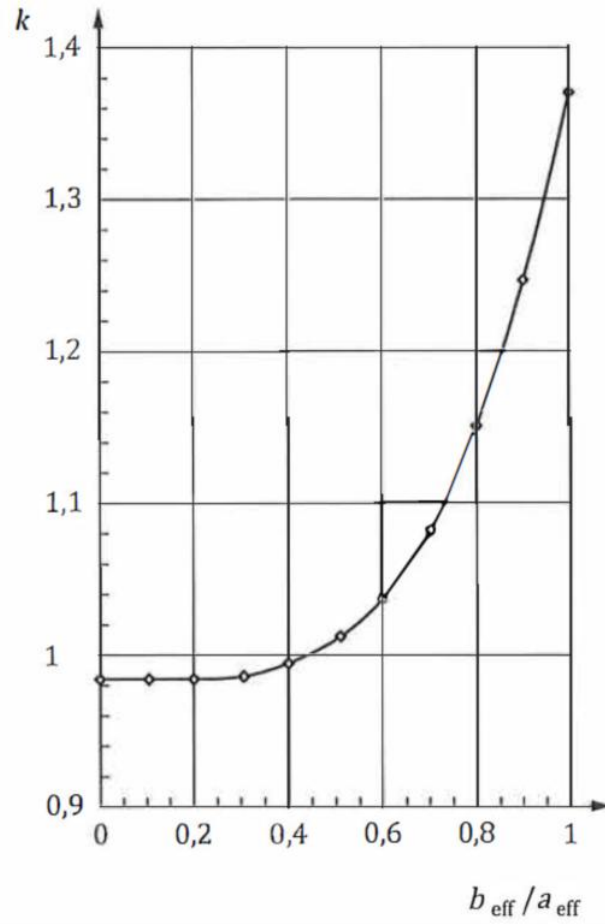
矩形换能器的近场长度由下面计算获得：

$$N_0 = (ks_{\text{eff}}^2 f_0)/(4v_b) \dots\dots\dots (A. 11)$$

式中：

$s_{\text{eff}}$ ——取 $a_{\text{eff}}$ 和 $b_{\text{eff}}$ 中的较大值；

$v_b$ ——试块声速。



标引序号说明：  
 $k$ ——外形系数  
 $b_{\text{eff}}/a_{\text{eff}}$ ——长宽比

图 A.1 计算矩形晶片的近场长度的外形系数  $k$

**附录 B**  
(资料性)  
**斜探头的校准试块**

图B.1的钢试块包括1/4的圆柱形以及4mm直径横通孔。试块的材质和热处理标准符合GB/T 19799.2的2号试块要求。

三个不同L形刻度尺用于三个不同的角度区间测量：

- 35° 到 65°
- 60° 到 75°
- 70° 到 85°

可以在相同的试块上使用（图B.1和图B.2）。

第一步根据探头声束角选择合适的刻度尺，如45°探头使用覆盖35°到65°的3号刻度尺。将L型刻度尺安装到试块上，两个螺栓插入到3个4mm横通孔中的两个。

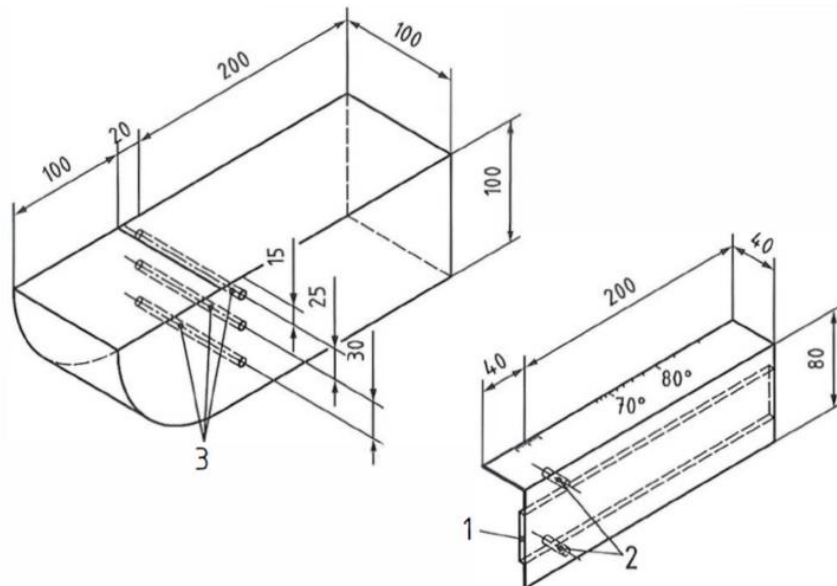
剩下的一个孔作为圆柱反射体，以确定声束角。

一个磁垫片固定刻度尺在钢试块上。

刻度尺的边缘作为标尺用于引导探头。

第一步将探头耦合到试块的1/4圆中心。移动探头，使得100mm半径的回波最大。在1/4圆中心线标注探头的入射点（图B.3.a））。

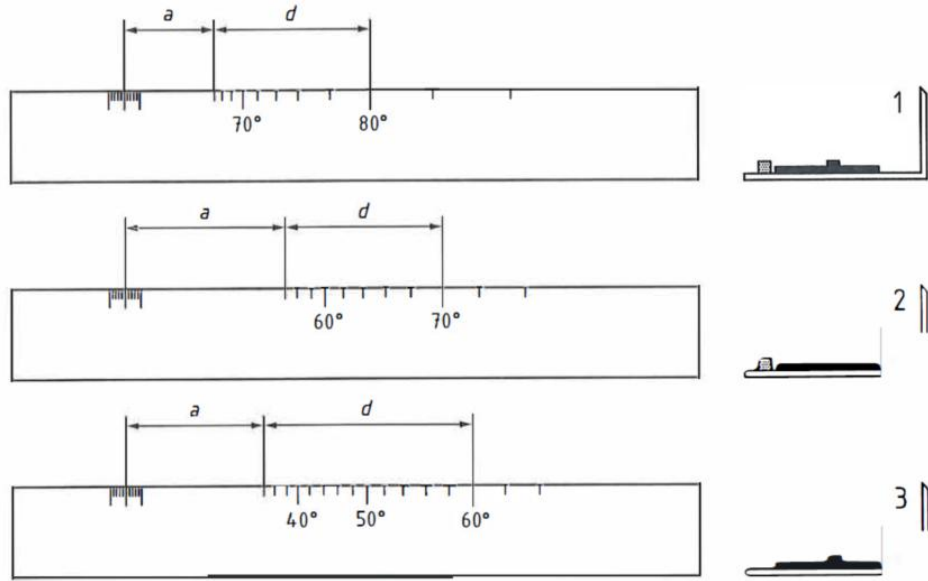
第二步探头耦合到试块上，使得声束入射到4mm横通孔（图B.3.b））。移动探头使得回波最大。可以从探头入射点在标尺上的位置读取声束角。



标引序号说明：

- 1——磁垫片
- 2——适合塞进4mm孔的两个螺栓
- 3——4mm孔

图 B.1 含可拆卸刻度尺的接触式斜探头用钢试块



标引序号说明:

*a*——1/4圆中心线与刻度尺起点之间的距离

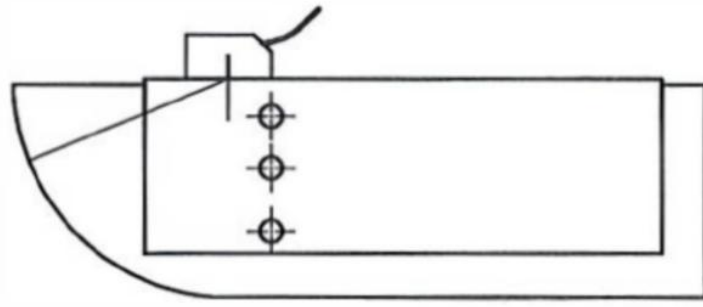
*d*——刻度尺起点于各刻度标记之间的距离

注：*a*和*d*值的参考值见表B.1。

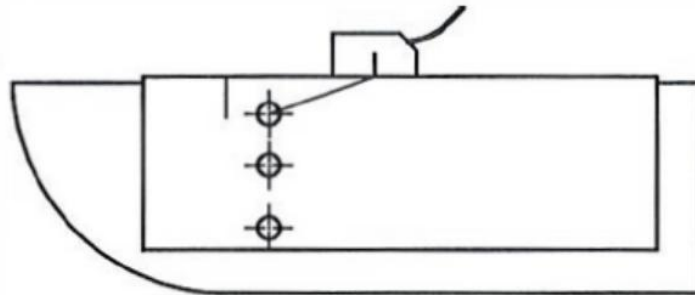
图 B.2 连接至图 B.1 中校准试块上的 1 号、2 号和 3 号 L 型刻度尺

表 B.1 图 B.2 中刻度尺的测量

刻度尺1			刻度尺2			刻度尺3		
角度 °	<i>a</i> mm	<i>d</i> mm	角度 °	<i>a</i> mm	<i>d</i> mm	角度 °	<i>a</i> mm	<i>d</i> mm
64	50.8	0	54	75.1	0	34	67.2	0
66	—	2.9	56	—	4.2	36	—	3.6
68	—	6.4	58	—	9.0	38	—	7.5
70	—	10.5	60	—	14.2	40	—	11.5
72	—	15.4	62	—	20.2	42	—	15.8
74	—	21.6	64	—	27.0	44	—	20.4
76	—	29.4	66	—	34.8	46	—	25.3
78	—	39.8	68	—	43.9	48	—	30.5
80	—	54.3	70	—	54.8	50	—	36.2
82	—	76.0	72	—	68.1	52	—	42.4
84	—	112.0	74	—	84.4	54	—	49.1
—	—	—	—	—	—	56	—	56.6
—	—	—	—	—	—	58	—	64.8
—	—	—	—	—	—	60	—	74.0
—	—	—	—	—	—	62	—	84.4
—	—	—	—	—	—	64	—	96.3



a) 测定入射点



b) 测定声束角

图 B.3 测定斜探头的声束参数

**附录 C**  
**(资料性)**  
**延迟块和楔块的测定**

### C.1 概述

通过机械方式以及延迟块或楔块当材料声速确定延迟块或楔块的延迟。  
或者按C.2的描述使用超声测试。

### C.2 单晶探头

#### C.2.1 延迟块延迟

对于接触式单晶直探头,回波来自反射面距离大于1.5倍近场长度或聚焦探头焦距范围内的1/4圆试块、半圆柱试块或平行面试块。如果使用1/4圆试块、半圆柱试块,则调整探头位置以获得试块曲面的最大信号。

将显示的水平轴设为对应试块声速的声程模式。将发射脉冲的位置设置为显示屏水平轴的零点。读取从试块反射面的回波位置,减去试块中的距离得到楔块的延迟路径。楔块的延迟路径表达为以毫米为单位的,材料中(如钢)的近场等效声程。

#### C.2.2 楔块延迟

对于接触式单晶斜探头,回波来自反射面距离大于1.5倍近场长度或聚焦探头焦距范围内的1/4圆试块或半圆柱试块。

调整探头的位置以获得试块曲面的最大信号。

将显示的水平轴设为使用试块声速的声程模式。将发射脉冲的位置设置为显示的水平轴零点。从试块反射面读取回波位置,然后减去试块中的实际距离(如半径),获得楔块的延迟。

### C.3 双晶探头

对于双晶探头,在回波模式下分别对每个换能器进行测量,可以使用与单晶探头相同的方法。楔块的延迟路径表达为以毫米为单位的,材料中(如钢)的近场等效声程。

参 考 文 献

- [1] GB/T 27664.3 《无损检测超声检测设备的性能与检验第 3 部分：组合设备》
- [2] GB/T 27050.1 《合格评定供方的符合性声明第 1 部分：通用要求》
-